Geschenk:
Mjr. Michell - Auli.
Fürth

Lehrbuch

der

Wissenschaft des Civil-Ingenieurs.

Von

D. H. Mahan und Fr. Schubert.

D. H. Mahan's

(Professor der Militär- und Civil-Baukunst an der Militär-Akademie der Vereinigten Staaten)

Lehrbuch

der

Wissenschaft und Kunst des Civil-Ingenieurs,

besonders des

Straßen- und Brückenbaus.

Für

polytechnische Schulen, Militär-, Ingenieur-, Bau- und Berg-Akademien und den Selbstunterricht

frei bearbeitet

von

Dr. Fr. Schubert,

Ingenieur.

Mit 176 Holzschnitten im Texte.

Stuttgart,

J. B. Müller's Verlagsbuchhandlung.

1850.

Druck von Blum und Vogel in Stuttgart.

Vorwort.

Das vorliegende Werk ist nach der dritten Auflage des amerikanischen Originals, welches zum Gebrauche der Cadetten an der Militär-Akademie der Vereinigten Staaten verfaßt wurde, frei bearbeitet. Es soll zu einem umfassenderen Studium der Wissenschaft und Kunst des Ingenieurs einleiten. Bei der deutschen Bearbeitung habe ich viele Verhältnisse mehr für den Gebrauch deutscher Ingenieure dargestellt, dabei aber doch das specifisch Amerikanische gelassen, theils weil wir allen Grund haben, uns mit den jenseitigen Zuständen bekannt zu machen, indem namentlich so mancher deutsche Ingenieur gerne oder durch die Umstände genöthigt über dem Meere seinen Unterhalt sucht, theils weil Vieles, wie besonders die amerikanischen Holzconstructionen, häufig bei uns nachgeahmt wird, auch in vielen Fällen ein Urtheil, aus dem verjüngten Leben Amerika's in unsere zuweilen veralteten Schulansichten geworfen, nur anregend und neu belebend auf uns einwirken kann.

Ich habe dem englischen Maaße, welches das Original gebraucht, das französische substituirt, als den deutschen Ingenieuren gebräuchlicher; zugleich auch eine Tabelle über die Vergleichung des metrischen Maaßes mit einigen der deutschen Maaße beigefügt, welche den Gebrauch des Buches erleichtern wird. Hoffentlich wird diese bei einer etwaigen zweiten Auflage dieses Buchs nicht mehr nothwendig seyn.

Im Juni 1849.

Fr. Schubert.

Inhalt.

Baustoffe.

Mauerung.

Zimmerung.

Brücken.

Straßen.

Eisenbahnen.

Vergleichung
des
metrischen Maaßes mit mehreren deutschen.

Ort.	1 Meter gleich	1 Quadratmeter gleich	1 Kubikmeter gleich	1 Kilogramm gleich
	Fuß.	Qu.-Fuß.	Kubikfuß.	Pfund.
Baden*)	3,33	11,1	37,0	2,00
Bayern	3,43	11,7	40,2	1,79
Braunschweig . . .	3,50	12,3	43,0	2,14
Cassel	3,51	12,3	43,2	2,07
Darmstadt	4,00	16,0	64,0	2,00
England	3,28	10,8	35,3	2,21
Paris	3,08	9,47	29,2	2,04
Frankfurt a. M. . .	3,50	12,3	43,0	1,98
Hamburg	3,48	12,2	42,4	2,07
Hannover	3,42	11,7	40,2	2,04
Oesterreich	3,16	10,0	31,6	1,79
Preußen	3,18	10,2	32,3	2,14
Sachsen	3,53	12,5	44,0	2,14
Württemberg . . .	3,49	12,2	42,5	2,13
*) Zugleich das neue Schweizer Maaß und Gewicht.				

Baustoffe.

---

1. Die Kenntniß der Baustoffe und ihrer Eigenschaften ist eine der wichtigsten des Baumeisters. Dieser muß, wenn er im Stande seyn soll, eine richtige Auswahl der Baustoffe zu treffen, so daß tüchtige Arbeit mit kluger Sparsamkeit gepaart erscheinen, die gewöhnliche Dauer der Materialien unter den verschiedenen Umständen ihrer Anwendung kennen, und die Mittel diese Dauer, wenn nothwendig, zu erhöhen; er muß wissen, wie weit die Baustoffe belastet werden dürfen, ohne eine bleibende Aenderung zu erleiden, sey es, daß diese Belastungen die Baustücke zu zertrümmern suchen, oder zu zerreißen oder zu zerbrechen; ihren Widerstand gegen Bruch und Abnutzung durch Stöße und Reibung, und endlich die Zeit und Kosten kennen, welche ihre Bearbeitung für den vorgesetzten Zweck erfordern.

2. Die Baustoffe können in folgende drei Abtheilungen gebracht werden:

1) Die festen Stoffe der Baukörper, als Steine, Holz, Metalle.

2) Die Bindemittel, durch welche jene zusammengehalten werden, als Mörtel, Kitte, Leime.

3) Die äußeren Bekleidungen, welche den Einfluß der Atmosphäre und anderer zerstörender Ursachen abhalten sollen, Anstriche.

Steine.

3. Der Ausdruck Stein, Fels wird für jede feste Verbindung mineralischer Stoffe gebraucht. Behufs der Beschreibung der Bausteine theilen wir diese in kieselige, thonige und kalkige ab.

4. Kieselige Steine. Sie haben ihren Namen vom Kiesel, welcher der Hauptbestandtheil der diese Steine bildenden Mineralien ist. Sie werden nach dem am häufigsten vorkommenden Mineral oder auch nach ihrer Struktur benannt, wie feldspathig, quarzig oder sandig.

5. Die kieseligen Steine haben in hohem Grade die Eigenschaften der Stärke, Härte und Dauerhaftigkeit, und liefern, da sie sehr große Verschiedenheit in dem Grade dieser Eigenschaften wie in dem Gefüge zeigen, eine große Auswahl der besten Steine für die verschiedenen Aufgaben des Ingenieurs.

6. Syenit, Porphyr und **Grünstein** werden oft als Feldspathsteine bezeichnet. Ihre Dauerhaftigkeit, Stärke und Härte reihen sie an die Spitze der kieseligen Steine.

7. Syenit ist eine körnige Verbindung von Feldspath, Hornblende und Quarz. Er ist einer der geschätztesten Baustoffe für Werke, welche eine große Tragfähigkeit verlangen oder sehr zerstörenden Angriffen ausgesetzt sind, wie Seedämme, Leuchtthürme, Festungswerke. Syenit kommt in großen Stücken vor, und kann von den Orten, wo er gebrochen wird, in jeder gesuchten Größe erhalten werden. Er ist wegen seiner Härte schwer zu behauen, und bei dem grobkörnigen erhält man keine glatten Flächen. Wie bei allen Feldspathgesteinen hängt die Dauer des Syenits von der Zusammensetzung des Feldspathes ab, von welchem manche Arten sich sehr schnell an der Luft zersetzen. Die Dauer der Feldspathgesteine ist indessen sehr verschieden, selbst wo ihre Zusammensetzung dieselbe ist, und man sollte deßhalb, wo man zu wichtigen Werken solche Steine aus neuen Brüchen nehmen muß, keine Kosten sparen, um sich von der Dauerhaftigkeit derselben zu überzeugen. Syenit kommt in Deutschland nur auf wenige Punkte beschränkt vor; im Elbthale zwischen Meißen und Schandau, im Odenwalde und in kleineren Strecken an einigen Orten.

8. Porphyr ist dichter Feldstein, in welchem Krystalle von Feldspath und zuweilen von andern Mineralien zerstreut liegen. Porphyr kommt von verschiedener Härte und Struktur vor; seine Seltenheit wie seine große Härte sind die Ursachen, daß er selten anders als zu Säulen und andern Ornamenten verwendet wird.

9. Grünstein, Diorit ist ein Gemenge von Hornblende mit dichtem und gewöhnlichem Feldspath, das zuweilen körnig, meist aber compact erscheint. Seine gewöhnliche Farbe ist in trocknem Zustande braun, im feuchten dagegen grünlich. Er ist hart und einer der dauerhaftesten Steine; da er aber in kleinen und unregelmäßigen Blöcken vorkommt, so ist sein Gebrauch als Baustein sehr beschränkt. Werden Mauern von diesem Steine mit sehr weißem Mörtel erbaut, so bieten sie einen malerischen Anblick dar, weßhalb sie in der ländlichen Architektur wohlangebracht sind. Grünstein wird als Straßenmaterial verwendet; große Quantitäten desselben werden jährlich in den Vereinigten Staaten von der Hauptlagerstätte desselben, den sogenannten Pallisaden am Hudson, zur Konstruktion der Hafenmauern verwendet, da man gefunden hat, daß er der Einwirkung des Salzwassers gut widersteht. In Deutschland ist das Vorkommen des Grünsteines minder bedeutend; er findet sich am Harze, in Sachsen und im rheinischen Schiefergebirge, besonders in Nassau.

10. Granit und **Gneiß** sind aus denselben Mineralien zusammengesetzt; sie sind ein körniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer in verschiedenen Verhältnissen; nur das Gefüge unterscheidet beide; Gneiß ist schiefrig und bildet geschichtete Felsen. Gneiß ist weniger geschätzt als Granit, weil seine schiefrige Natur die Größe der Blöcke beschränkt, und weil er sich nicht so eben wie der Granit rechtwinklich auf die Lager spalten läßt, aber er ist doch ein für die meisten Bauten angemessenes Material. Er ist ebenso

brauchbar, wenn er in dünnen Platten erhalten werden kann. Granit und Gneiß sind in manchen Theilen von Deutschland sehr allgemein verbreitet, so im Scharzwalde, Odenwalde, Thüringer Wald, Fichtelgebirg, Erzgebirg, Riesengebirge und an andern Orten.

Granit kommt in sehr großer Verschiedenheit vor; herrscht der Quarz vor, so ist der Stein hart und spröde, und sehr schwer mit dem Meisel zu bearbeiten. Ein Ueberschuß von Glimmer macht den Stein zerbrechlich; hat der Feldspath das Uebergewicht, so sind die Steine von heller Farbe und passender unter den Meisel. Die besten Granite sind von feinem Korne mit gleichmäßiger Vertheilung der Bestandtheile. Die Farbe des Granits ist gewöhnlich grau; eine Abweichung hiervon rührt von der Farbe des Feldspathes. Eine seiner Varietäten, der als orientalischer Granit bekannt ist, hat eine schöne röthliche Farbe; er wird hauptsächlich zu Ornamenten verwendet.

Die Eigenschaften des Granits werden durch fremde Beimengungen geändert; Hornblende soll ihn zähe machen, Schörl dagegen sehr spröde. Das Eisenoxydul und die Schwefeleisen sind die schlimmsten Beimengungen; durch die Oxydation des ersten und die Zersetzung des letzten führen sie das Auseinanderfallen und Zerbröckeln des Steins herbei.

Granit, Gneiß und Syenit unterscheiden sich sowenig in ihren wesentlichen Eigenschaften als Baumaterialien, daß sie ohne Unterschied für alle Bauten von Dauer und Festigkeit verwendet werden können.

11. Glimmerschiefer aus Quarz mit vielem Glimmer bestehend. Er wird hauptsächlich in Platten zu Trittsteinen, Einfassungen und dergl. verwendet.

12. Poröser Quarzfels, Mühlstein. Ein sehr harter Stein, der ein gutes Material zu gewöhnlichen Bauten und zur Beschotterung der Straßen ist.

13. Hornstein ist ein sehr gutes Straßenmaterial.

14. Seifenstein ist ein theilweise erhärteter Talk. Für gewöhnliche Bauten ist er nicht brauchbar, ist aber gut zu verwenden zu Oefen und zur Bekleidung der Feuerstellen.

15. Talkschiefer ist aus Talk und Quarz zusammengesetzt, und wird wie der Glimmerschiefer verwendet.

16. Sandstein besteht aus Körnern von kieseligem Sande, der aus zerfallenen kieseligen Felsen entstanden ist, verbunden durch ein meist thoniges oder kieseliges Mittel.

Die Tragfähigkeit, Härte und Dauer des Sandsteins wechseln zwischen sehr weiten Grenzen. Einige stehen als Bausteine nur wenig unter gutem Granite, andere sind sehr weich, zerbrechlich und zerfallen bald im Wasser. Die wenigst dauerhaften Steine sind die, welche viel thoniges Bindemittel haben; auch die mit feldspathartigen Bestandtheilen widerstehen den Einwirkungen des Wassers nur wenig.

Sandsteine werden sehr allgemein als Bausteine, als Platten, als Straßenmaterial verwendet, und einige Arten sind herrliche feuerfeste Steine. Die meisten Sandsteine lassen sich leicht mit dem Meisel und mit der Säge

bearbeiten, spalten in ebenen Flächen und eignen sich deßhalb besonders zu behauenen Quadersteinen. Die Farben des Sandsteines sind sehr mannichfaltig, gewöhnlich grau, braun oder roth.

Sandsteine, die ein gutes Baumaterial bilden, sind über das ganze gebirgige Deutschland verbreitet, und in manchen Gegenden beinahe der ausschließliche Baustein.

Die Sandsteinbildungen in den Vereinigten Staaten sind sehr ausgedehnt, und eine große Zahl von Brüchen werden in Neu-England, New-York und den Mittelstaaten ausgebeutet.

Die Mehrzahl der in Washington zu den öffentlichen Bauten verwendeten Bausteine sind Sandsteine aus den Brüchen von Acquia Creek und Rappahannock. Viele dieser Steine enthalten Feldspathe, haben wenig Stärke, und verwittern schnell. Die rothen Sandsteine, welche in unsern großen Städten verbaut werden, sind aus Steinbrüchen in der Formation, die sich vom Hudson nach Nord-Carolina hinzieht, oder von einer abgesonderten Ablagerung im Thale des Connecticut. Die dauerhaftesten und härtesten Steine dieser Sandsteinbildung finden sich in der Nähe von Basalterhebungen. Die dünnen Platten, welche in unsern Städten verwendet werden, kommen aus den Brüchen am Connecticut oder von der Catskill-Gruppe von Bergen, näher dem Hudson. Manche Steinbrüche, welche vorzügliche Bausteine liefern, beuten die ausgedehnten Sandsteinbildungen längs der Appalachiankette aus, welche sich durch das Innere von New-York und Virginien und die zwischenliegenden Staaten hinzieht.

17. Thonige Gesteine. Die hierher gehörenden Gesteine bestehen meistens aus Thon in mehr oder weniger erhärtetem Zustande, und sind meistens schieferig. Sie sind von sehr verschiedener Tragfähigkeit, sind im Allgemeinen nicht dauerhaft, ja manche zersetzen sich sehr schnell, was von beigemengten Schwefelmetallen und Salzen herrührt. Der Gebrauch dieser Steine beschränkt sich auf das Decken und Platten.

18. Dachschiefer. Dieser bekannte Stein ist ein erhärteter, blättriger Thon, bei dem die Spaltflächen eine natürliche Politur haben. Die besten Arten spalten in dünne, gleichdicke Blätter, sind frei von Schwefeleisen, und geben beim Anschlagen einen hell klingenden Ton; sie nehmen nur wenig Wasser auf. Viel Dachschiefer, der in den Vereinigten Staaten gebrochen wird, ist von sehr geringer Art, wird brüchig und zerfällt nach wenig Jahren. Die Dauer des besten europäischen Dachschiefers ist um hundert Jahre, und es ist festgestellt, daß einige von unsern Steinbrüchen ein Material liefern, das nicht merklich hinter dem besten fremden zurücksteht, das auf unsere Märkte gebracht wird. Dachschieferbrüche finden sich in Neu-England, New-York und in Pennsylvanien. In Deutschland sind sehr ergiebige Dachschieferbrüche, deren Schiefer weit verführt wird, in den Rheingegenden, am nördlichen Harze u. a. O.

19. Grauwackeschiefer besteht meist aus erhärtetem Thone; er hat ein mehr erdiges Ansehen als der Dachschiefer und ist deutlich sandig. Seine Farbe ist meist dunkelgrau oder roth. Er wird hauptsächlich in Platten gebrochen.

20. Hornblendeschiefer besteht aus Hornblende mit wenig Quarz und wird zu Platten verwendet.

21. Kalkige Gesteine. Kalkstein und Marmor sind wichtige Bausteine, die wichtigsten Ornamentensteine, und liefern den Hauptbestandtheil der Cemente und Mörtel, welche zu Mauerwerk verwendet werden. Kalkstein braust mit Säuren auf; große Hitze treibt aus ihm Kohlensäure und Wasser, und verwandelt ihn in Aetzkalk. Dieser nimmt Wasser begierig auf, und löscht sich dabei ab. Bei dieser Aufnahme von Wasser entwickelt sich bedeutende Wärme; der Kalk berstet, zerfällt in Stücke, Gries und endlich in Staub, welcher mit noch mehr Wasser zu Kalkbrei angerührt werden kann.

Die Kalksteine sind sehr verschieden in ihren physikalischen Eigenschaften; einige sind so dauerhaft wie die besten kieseligen Steine, welchen sie nur wenig in Tragfähigkeit nachstehen; andere verwittern schnell; andere sind, unmittelbar nachdem sie gebrochen worden, so weich, daß sie Eindrücke des Nagels annehmen und zwischen den Fingern zerbrochen werden können. Den Beimengungen zu dem kohlensauren Kalke verdanken wir einige der schönsten wie einige der unschätzbarsten Baumaterialien. Die, welche durch Metalloxyde oder andere Mineralien gefärbt sind, geben die lange Reihe der mannichfaltigsten Marmore, während andere, mit einer Beimengung von Thon oder Bittererde, nach dem Brennen Mörtel geben, welche unter Wasser erhärten, woher jene Kalke den Namen hydraulische erhalten haben.

Der Kalkstein ist körnig oder dicht. Von beiden Arten gibt es Marmore und gewöhnliche Bausteine; die ersten sind die, welche Politur annehmen.

Der körnige Kalkstein ist im Allgemeinen dem dichten vorzuziehen; der beste ist der von ganz feinem Korn. Der grobkörnige ist gewöhnlich zerbrechlich und bröckelt, der Luft ausgesetzt, bald ab. Alle Abarten sind leicht mit dem Meisel und der Steinsäge zu bearbeiten, und können in Blöcken von jeder angemessenen Größe für die schwersten Bauten erhalten werden.

Die Dauer des Kalksteins hängt von der Beimengung fremder Mineralien ab; Thon verdirbt den Stein, besonders wenn er, wie dieß zuweilen vorkommt, in dünnen Adern durch die Lager setzt; Stücke, welche diesen Fehler haben, trennen sich in der Feuchtigkeit längs dieser Adern. Eisenoxydul, reines und kohlensaures, Schwefeleisen sind ebenso zerstörend, und bringen oft durch ihre chemischen Aenderungen ein Zerfallen des Steins mit sich.

Unter den unreinen Kalksteinen verdienen die Bittererdekalke besonders hervorgehoben zu werden. Sie heißen Dolomite und gelten in Europa für sehr gute Bausteine, wenn sie ein krystallinisches Gefüge haben und hart sind. Bei ähnlichen Steinen aus den Brüchen in New-York und Massachusetts hat man dieß nicht gefunden; sie waren im Gegentheil sehr zerbrechlich.

22. Marmore sind theurer, und deßhalb für Ornamente zurückbehalten; die Farbe und das Ansehen haben ihnen verschiedene Namen gegeben.

23. Kalksteine sind so sehr verbreitet und werden an so vielen Orten gebrochen, sey es zu Bausteinen oder zum Kalkbrennen, daß es unmöglich ist, all diese Fundorte aufzuzählen. Eine der bemerkenswerthesten Ablagerungen dieser Steine in den Vereinigten Staaten zieht sich ununterbrochen

von Canada durch Vermont, Massachusetts, Connecticut, New-York, Neu-Yersey, Pennsylvanien, Virginien und wahrscheinlich noch weiter südlich.

Marmore werden an vielen Orten in den Vereinigten Staaten gebrochen. Unter den bekanntesten sind die Steinbrüche in Berkshire County, Massachusetts, welche beide einfarbige und vielfarbige Marmore liefern; die Brüche am Potomac, woher die Säulen von Conglomerat-Marmor im Innern des Capitols von Washington kommen; verschiedene in New-York, welche weiße und bunte Marmore liefern; andere in Connecticut, wo man unter andern einen **Verde antico** bricht.

Kalksteine werden für Bauten oder für die Agricultur überall gebrannt, wo man ihre Lager antrifft. Thomaston in Maine hat während einiger Jahre die meisten Märkte der Seeküste mit einem Material versehen, das als vorzüglich für gewöhnliche Bauten betrachtet wird. Eine der wichtigsten Zugaben zu den Baustoffen unserer Gegend erhielten wir durch die Auffindung des hydraulischen Kalkes in New-York. Die Zubereitung dieses für Wasser- und andere wichtige Bauten so unentbehrlichen Materials wird ausgedehnt zu Roundout am Delaware- und Hudsoncanal, in Madison County betrieben, und von da wird er nach allen Theilen der Vereinigten Staaten versandt, wo überall große Nachfrage darnach für die unter der Aufsicht unserer Civil- und Militär-Ingenieure ausgeführten Bauten ist. Nicht weniger wichtig sind die Dolomite, auf welche wegen ihrer Brauchbarkeit zu Wasserbauten vor wenigen Jahren Prof. W. B. Rogers aufmerksam machte. Aus den Versuchen von Vicat, welcher in Frankreich zuerst diese Eigenschaft der Dolomite beobachtete, wie aus den Versuchen in unserer Gegend scheint mit größter Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, daß Dolomite, die eine gewisse Menge Bittererde enthalten, ganz ebenso hydraulischen Kalk liefern, wie die Thonkalke, welche früher allein hierzu verwendet wurden.

Dolomite und Thonkalke kommen in sehr großer Ausdehnung vor. Die hydraulischen Kalke von New-York bilden einen Theil der Wasserkalkgruppe der Geologischen Uebersicht von New-York. Diese Bildung ist von gleicher Verbreitung mit der Helderbergkette, so weit sie New-York durchkreuzt; sie tritt in manchen Thälern von Pennsylvanien und Virginien auf, westlich vom Großen-Thal. Sie muß gerade unter, oder nicht weit unter den Oriskany-Sandsteinen der New-Yorker Uebersicht gesucht werden. Dieser Sandstein ist leicht zu kennen; er hat eine gelblichweiße Farbe, körniges Gefüge, mit großen Höhlungen von verwitterten Muscheln. Dieser Kalkstein ist gewöhnlich erdig, schmutzig gefärbt, zuweilen grünlich blau, was beim Brennen bleibt. Die hydraulischen Dolomite sind die ältesten, Versteinerungen führenden Kalksteine der Vereinigten Staaten; sie gehören zu dem Blak-River- oder Mohawk-Kalksteine der New-Yorker Uebersicht und kommen mit den Schichten vor, welche diese Uebersicht die Hudson-River Gruppe nennt. Diese ausgedehnte Ablagerung liegt in dem großen Appalachian-Thal, bekannt als das Thal des Champlain-Sees, Thal des Hudson, so weit als die Hochlande, Cumberland-Thal, Thal von Virginien und Thal von Ost-Tenessee. Derselbe Stein findet sich in einigen der westlichen Thäler der Berggegend von Pennsylvanien und Virginien.

Die Wichtigkeit des hydraulischen Kalkes für die Sicherheit der Bauten, welche fortdauernd der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, gewährt der Kenntniß der geologischen Lagen, in welchen er gefunden wird, das größte Interesse. Aus den Resultaten der geologischen Untersuchungen in Europa und in den Vereinigten Staaten müssen Kalksteine, welche hydraulischen Mörtel geben sollen, hauptsächlich in solchen Ablagerungen gesucht werden, welche mit Thonschiefer und andern thonigen Schichten in Berührung stehen. Das berühmte römische oder Parkersche Cement aus England, welches wegen seines schnellen Hartwerdens im Wasser, ein wichtiger Handelsartikel geworden ist, wird aus Kugeln eines zusammengebackenen thonigen Kalksteins bereitet, der von Adern von Kalkspath durchzogen ist. Aehnliche Kugeln werden in Massachusetts und andern Staaten gefunden; und es ist wahrscheinlich, daß diese bei zweckmäßigem Brennen und Zermahlen ein Material geben, das dem eingeführten in keiner Weise nachstehen würde.

24. **Gyps** ist ein sehr weicher Stein, der nicht als Baustein, aber vielfältig zu Gesimsen und andern Verzierungen im Innern der Gebäude verwendet wird. Hierzu wird er gebrannt, wodurch er sein Krystallisationswasser verliert. Dann wird er mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und in Formen gegossen, wo er schnell erhärtet. Gebrannter Gyps wird auch als Bindemittel für Steine gebraucht, wozu er aber sehr unpassend ist; denn wie er feucht wird, schwillt er auf, bekommt Risse und zerbröckelt.

Gyps wird auch Pariser Pflaster genannt, von dem ausgedehnten Gebrauch, der von ihm in Paris und der Umgegend gemacht wird, wo er gebrochen und in alle Welt versendet wird; er ist von besserer Qualität, was von einer Beimengung von kohlensaurem Kalke herrühren soll.

Gyps wird an vielen Orten der Vereinigten Staaten angetroffen. Große Quantitäten werden in New-York für das Bauwesen wie für die Landwirthschaft gewonnen.

25. Die wichtigsten Eigenschaften eines Bausteins sind seine Dauerhaftigkeit unter den gewöhnlichen Umständen, seine Fähigkeit, in hohen Temperaturen unverändert zu bleiben, und sein Widerstand gegen die Zerstörung durch süßes oder Salzwasser.

Die Dauer eines der Witterung ausgesetzten Steines ist sehr verschieden, und hängt nicht allein von dem Gefüge und der Zusammensetzung desselben ab, sondern ebensosehr von dem Ort und der Lage, welche er gegen die vorherrschenden Regenstriche in dem Baue einnimmt. Die Chemiker und die Geologen haben bis jetzt keine Regeln aufgestellt, nach denen der Ingenieur ohne zu fehlen die Dauerhaftigkeit eines Steines für die gewöhnlich angenommene Zeit des Bestehens eines Bauwerkes aussprechen kann. In der That läßt der Gegenstand nur allgemeine Angaben zu; aber Steine von demselben Gefüge und derselben Zusammensetzung haben aus noch nicht gehörig festgestellten Ursachen sehr verschiedene Dauer. Dieß fällt besonders bei den Feldspathgesteinen auf. Als allgemeine Regel gilt, daß die feinkörnigen Steine, welche wenig Wasser absorbiren und ein großes specifisches Gewicht haben, die dauerhaftesten sind. Das Gewicht des Steins kann aber durch Eisenoxydul, das in ihm in großer Menge vorkommt, ein großes seyn,

und dieser Bestandtheil ist stets der Dauerhaftigkeit ungünstig. Ueberhaupt vermindern die verschiedenen chemischen Verbindungen von Eisen und Kali und der Thon, wenn sie in beträchtlicher Menge vorkommen, die Dauerhaftigkeit des Steins. Das Kali des Feldspathes löst sich auf, nimmt eine bedeutende Menge Kieselerde mit, und läßt eine thonerdereiche Masse zurück. Der Thon nimmt Wasser auf, wird weich und der Stein zerfällt in Stücke. Eisenoxydul färbt in einigen Fällen den Stein bei seiner Umwandlung in Oxyd anders. Dieses nimmt in manchen Fällen dem Stein seinen Werth, wie dem weißen Marmor, wogegen in andern Fällen ein buntes Aeußeres entsteht, das den malerischen Effekt erhöht.

26. Der Frost oder vielmehr das Frieren und Wiederaufthauen ist das zerstörendste Mittel der Natur, mit welchem der Ingenieur zu streiten hat. Die Wirkung ist nach dem Gefüge verschieden; Steine mit faseriger Textur spalten auf; poröse Steine bröckeln ab. Soll ein Stein aus einem neuen Bruch untersucht werden, so beobachtet man am besten jeden Fels von derselben Art, welcher in der Nachbarschaft des Bruchs dem Froste ausgesetzt war. Unterzieht man den Stein frisch aus dem Bruche der Einwirkung des Frostes, so kann er hierdurch angegriffen werden, ohne deßhalb wenn er zuvor ausgetrocknet ist, dasselbe zu thun, was der Fall seyn wird, wenn der Stein, nachdem er die Feuchtigkeit des Steinbruchs verloren hat, nicht mehr dieselbe Menge Feuchtigkeit wieder absorbirt.

27. Der französische Chemiker Brard hat ein Verfahren zur Untersuchung der Steine auf ihr Verhalten gegen den Frost angegeben, welches von vielen französischen Architekten und Ingenieuren durch ihre Erfahrungen bestätigt wird. Brard verlangt, man solle einen kleinen Würfel von ungefähr zwei Zoll Seite sorgfältig von dem zu prüfenden Steine herstellen. Man bereitet eine kalt-gesättigte Auflösung von Glaubersalz, welche man dann bis zum Sieden erhitzt. Der an einem Faden befestigte Stein wird in die kochende Flüssigkeit gebracht und dreißig Minuten lang darin gelassen, wobei die Auflösung fortwährend im Kochen erhalten wird; nun wird der Stein sachte aus der Flüssigkeit gezogen. Diese wird von dem Bodensatze decantirt und der Stein an einem kühlen Orte über der decantirten Flüssigkeit aufgehängt. Bald zeigt sich an dem Steine eine Ausblühung von Salz, welche durch Eintauchen in die Flüssigkeit entfernt wird. Dieses Eintauchen wird ein- oder mehrmals im Tage wiederholt und damit eine Woche lang fortgefahren. Der erdige Bodensatz, welcher sich zuletzt in dem Gefäße findet, wird gewogen und aus der Größe dieses Gewichtes auf die Größe der Einwirkung des Frostes geschlossen.

28. Durch Auffaugen von Wasser werden die Steine weicher und mehr zerreiblich. Das Material zur Straßenbeschotterung sollte wenig Wasser aufnehmen, hart und nicht zerbrechlich seyn. Granit und seine Abarten, Kalkstein und gewöhnlicher Sandstein geben keine gute Beschotterung. Alle Hornblendegesteine, Porphyre, Feldsteine und Quarzfels geben mit der Grauwacke gutes, dauerhaftes Straßenmaterial. Feinkörniger Granit mit wenig Glimmer, feinkörnige, kieselige Sandsteine, welche frei von Thon sind, und Kalksteine sind gute Steine für Straßenpflaster. Glimmerschiefer, Talkschie-

fer, Hornblendeschiefer, einige Arten Gneiß und Sandsteine, Grauwackenschiefer liefern gute Platten.

29. Sehr zeigt sich der Einfluß der Lokalität auf die Dauer der Steine. Steine verderben in den Städten viel schneller als auf dem Lande; und die Steine, welche den herrschenden Winden und Regen ausgesetzt sind, zeigen sehr bald Zeichen ihres Zerfalls. Der Ruin geschichteter Steine in einer Mauer hängt viel von der Lage der Schichten gegen die exponirte Fläche ab; er geht schneller, wenn die Schichten gegen diese Fläche hinlaufen, als wenn sie parallel mit dieser gehen.

30. Steine, welche ohne zu schmelzen einer großen Hitze ausgesetzt seyn können, werden zur Herstellung der Oefen gebraucht, und heißen feuerfest. Ein guter feuerfester Stein muß nicht nur nicht schmelzen, sondern auch nicht reißen und sich aufblättern, wenn er der Hitze ausgesetzt wird. Steine, welche Kalk und Bittererde enthalten, taugen nicht zu diesem Gebrauche. Steine, die viele Alkalien enthalten, sind leicht schmelzbar, und geben in der Hitze einen glasigen Körper. Quarz und Glimmer in verschiedenen Verbindungen sind gute feuerste Steine; so zum Beispiel feinkörniger Quarz mit dünnen Glimmerlagen, quarzreicher Glimmerschiefer, einige Arten Gneiß mit viel sandigem Quarz. Verschiedene Arten Sandsteine, die frei von Feldspath, etwas porös und ohne Krystalle sind, geben gute Ofensteine. Auch Talkschiefer ist feuerfest.

31. Härte verlangt man bei Steinen, welche der Reibung harter Körper ausgesetzt sind. Steine zum Pflastern, zum Platten, zu Treppenstufen sollen hart und hinreichend grobkörnig seyn, um nicht durch den Gebrauch zu glatt zu werden. Große Härte erschwert die Bearbeitung mit dem Meisel und erhöht damit die Kosten, weßhalb die Bauunternehmer bei den meisten Werken zu Quadern die weicheren Steine, wie Kalk- und Sandsteine, vorziehen. Im Folgenden sind einige hierher gehörenden Erfahrungen zusammengestellt.

Tafel der Erfahrungen von **Walker** über die Abnützung verschiedener Steine der Steinbahn der Commercial Road zu London v. 27. März 1830 bis zum 24. August 1831, also in 17 Monaten.

Transactions of Civil Engineers, vol. 1.

Name des Steins.	Oberfläche in Q.-Fußen	Ursprüngliches Gewicht.			Gewichts-Abgang durch Abnützung.	Abgang auf den Q.-Fuß.	Verhältniß des Abgangs.
		cwt.	qrs.	lbs.			
Guernsey . .	4,734	7	1	12,75	4,50	0,951	1,000
Herme . . .	5,250	7	3	24,25	5,50	1,048	1,102
Budle . . .	6,336	9	0	15,75	7,75	1,223	1,286
Peterhead (blau)	3,484	4	1	7,50	6,25	1,795	1,887
Heytor . . .	4,313	6	0	15,25	8,25	1,915	2,014
Aberdeen (roth)	5,375	7	2	11,50	11,50	2,139	2,249
Dartmoor . .	4,500	6	2	25,00	12,50	2,778	2,921
Aberdeen (blau)	4,823	6	2	16,00	14,75	3,058	3, 216

Die Commercial Road Steinstraße besteht aus zwei parallelen Fahrgeleisen von rechtwinklichen Tramsteinen, 18 Zoll breit und 12 Zoll tief, welche aufrecht aneinander gereiht sind; auf ihnen laufen die Räder; zwischen beiden liegt ein gewöhnliches Straßenpflaster für die Pferde.

Die folgende Tafel gibt die Resultate einiger Beobachtungen von Coriolis über die Abnützung eines feinkörnigen Sandsteinpflasters im Laufe von 8 Jahren, auf der gepflasterten Straße von Paris nach Toulouse, welche täglich mit ungefähr 10,000 Centnern befahren wird. (**Annales des Ponts et Chaussées**, März und April 1834).

Gewicht des Kub.F.	Volum des in einem Tage beim Eintauchen absorbirten Wassers.	Mittlere jährliche Abnützung.
158 lbs.	Unmerklich	0,1023 Zoll.
154 „	„	0,1063 „
156 „	„	0,1299 „
150 „	1/18 des Volums des Steins.	0,2126 „
148 „	1/17 „ „ „ „	0,2677 „

Coriolis bemerkt, daß das Gewicht des absorbirten Wassers einen der besten Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Dauerhaftigkeit der in Frankreich zum Pflastern gebrauchten feinkörnigen Sandsteine bietet. Ein ebenso gutes Mittel zu dieser Beurtheilung gibt auch der mehr oder weniger helle Klang, welchen der Stein beim Anschlagen mit dem Hammer gibt.

Die folgenden Resultate sind einem Aufsatze von James Frost, Civil-Ingenieur, in dem **Journal of the Franklin Institute**, Oktober 1835, über den Widerstand verschiedener Körper gegen Abreibung entnommen. Die Körper wurden mit Sand und Smirgel gegen ein Stück weißen Statuenmarmor gerieben, dessen Widerstand durch die Zahl 100 vorgestellt wurde. Der relative Widerstand wurde aus dem Gewichte berechnet, das jeder der Körper durch das Abreiben verlor.

Relativer Widerstand gegen Abreibung.

Aberdeen Granit	980
Harter Pflasterstein aus Yorkshire	327
Italienischer schwarzer Marmor	260
Schwarzer Marmor von Kilkenny	110
Statuen-Marmor	100
Aelterer Portlandstein	79
Römischer Cementstein	69
Feinkörniger Newcastle Grindstone	53
Backstein	34
Grobkörniger Newcastle Grindstone	14
Stein von Bath	12

Kalk.

32. Kalk, als Baumaterial betrachtet, wird jetzt gewöhnlich in drei Abtheilungen gebracht; gewöhnlicher oder Luftkalk, hydraulischer Kalk und Cement.

33. Gewöhnlicher Kalk heißt auch Luftkalk, weil der von ihm bereitete Kalkbrei nur an der Luft erhärtet.

34. Hydraulischer Kalk und Cement erhärten beide unter Wasser; aber beide unterscheiden sich wesentlich. Der erste löscht sich in gebranntem Zustande durchaus, wie der gewöhnliche Kalk, und erhärtet langsam unter Wasser. Hydraulisches Cement löscht sich dagegen nicht ab und erhärtet gewöhnlich sehr schnell unter Wasser.

35. Unsere Nomenclatur für diese Substanzen ist noch sehr unvollkommen. Denn Kalksteine, welche vollständig gebrannt hydraulische Kalke geben, liefern ein hydraulisches Cement, wenn sie nur eines Theils ihrer Kohlensäure beraubt werden; andere geben beim Brennen einen Stoff, der weder den Namen Kalk noch den Cement verdient, weil er sich nur sehr unvollkommen ablöscht und die Härte nicht behält, welche er schnell annimmt, wenn er unter Wasser gebracht wird.

Vicat, dessen Untersuchungen über den Kalk allgemein bekannt sind, schlägt vor, den Namen Cementkalksteine (**Calcaires à ciment**) den Steinen beizulegen, welche bei vollständigem Brennen hydraulisches Cement geben, und welche bei keinem Grade des Brennens hydraulischen Kalk geben. Für die Kalksteine, welche bei vollständigem Brennen hydraulischen Kalk geben, und welche bei geringerer Hitze, die nicht hinreicht, alle Kohlensäure auszutreiben, hydraulisches Cement liefern, behält er den Namen hydraulische Kalksteine bei, und nennt das mit ihnen erhaltene Cement ungares (**ciments d'incuit**), um sie von denen aus dem Cementstein zu unterscheiden. Für die Kalksteine, welche beim Brennen einen Stoff liefern, der die Eigenschaften des Kalkes mit denen des Cements theilweise verbindet, schlägt er den Namen Grenzkalke (**chaux limites**) vor.

Die Ausdrücke fett und mager werden ebenfalls von den Kalken gebraucht; man bezeichnet damit das verschiedene Verhalten des Kalkbreies, der aus ihnen mit derselben Menge Wasser erhalten wird. Der fette Kalk gibt einen Brei, der dem Gesichte und dem Gefühle als klebrig erscheint; der magere Kalk gibt einen dünnen Brei. Diese Namen wurden zuerst dazu gebraucht, gewöhnlichen Kalk vom hydraulischen zu unterscheiden; der erste ist immer fett, der zweite mager; allein die Erfahrung hat später gezeigt, daß nicht aller magere Kalk hydraulisch ist. Man hat deßhalb diese Bezeichnungen jetzt nur noch für den Kalkbrei beibehalten.

36. Hydraulische Kalke und Cemente. Die Kalksteine, welche diese liefern, sind entweder thonig oder bittererdehaltig, oder sie enthalten Thonerde und Bittererde. Die Produkte des Brennens weichen sehr in ihrem Verhalten gegen Wasser von einander ab. Einige hydraulische Kalke erhärten sehr langsam unter Wasser, während bei andern dieß schnell geschieht. Die Cemente werden in sehr kurzer Zeit fest. Diese Verschiedenheit in dem Verhalten der hydraulischen Kalke hängt mit der verschiedenen chemischen Natur derselben zusammen.

37. Petot, ein französischer Ingenieur, gibt in einem Werke über das Kalkbrennen die folgende Tafel, welche diese Combinationen und ihre Eigenschaften aufzählt.

Kalk.	Thon.	Produkte.	Eigenschaften dieser Produkte.
100	0	Sehr fetter Kalk.	Erhärtet nicht im Wasser.
90	10	Wenig hydr. Kalk.	Löscht wie reiner Kalk, wenn richtig gebrannt, und erhärtet unter Wasser.
80	20	Gut „ „	
70	30	„ „ „	
60	40	Hydraulisches Cement	Löscht sich unter keinen Umständen ab, und wird schnell fest unter Wasser.
50	50	„ „	
40	60	„ „	
30	70	Kalkige Puzzolan.	Löscht sich nicht ab und erhärtet nicht unter Wasser, wenn nicht mit fettem oder hydr. Kalk gemengt.
20	80	„ „	
10	90	„ „	
0	100	Reine Puzzolan.	Wie das Vorhergehende.

38. Die bekanntesten europäischen hydraulischen Cemente werden von thonigen Kalksteinen erhalten, welche nur wenig in ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden sind. Die folgende Tafel gibt die Verhältnisse des Kalkes und Thons in diesen an.

Tafel der Verhältnisse von Kalk und Thon in europäischen Wassercementen.

Orte.	Kalk.	Thon.
England (Parker's oder römisches Cement) . .	55,40	44,60
Frankreich (aus Boulogner Kieseln) . . .	54,00	46,00
„ (Pouilly)	42,86	57,14
„ „	36,37	63,63
„ (Baye)	21,62	78,38
Rußland	62,00	38,00

Die in England gebrauchten Cemente kommen von verschiedenen Orten, und sind nur wenig in den Verhältnissen des Kalkes zum Thone verschieden. Parker's Cement wird durch Brennen der Kugeln, die man Septarien nennt, erhalten; die Zusammensetzung dieser Kugeln ist dieselbe wie die der Boulogner Kiesel, die man auf der entgegengesetzten Küste von Frankreich findet. Die Steine, welche die englischen und die französischen Cemente liefern, enthalten nur eine kleine Menge Bittererde.

39. Die bekanntesten hydraulischen Cemente der Vereinigten Staaten werden in dem Staate New-York bereitet. Die folgenden Analysen einiger hydraulischen Kalksteine aus den bekanntesten Lagerstätten sind von **Dr. Beck (Geological Report of the State of New-York 1839.)**

Analyse des Manlius-Kalksteins.

Kohlensäure	39,80
Kalkerde	26,24
Bittererde	18,80
Kiesel- und Thonerde . . .	13,50
Eisenoxyd	1,25
Feuchtigkeit und Verlust . . .	1,41
	100,00

Dieser Stein gehört zu derselben Ablagerung, welche das hydraulische Cement in der Nähe von Kingston in Ober-Canada liefert.

Analyse des Chittenango-hydraulischen Kalkes vor und nach dem Brennen.

	Ungebrannt.		Gebrannt.
Kohlensäure . .	39,33	Kohlensäure und Feuchtigkeit	10,90
Kalkerde . . .	25,00	Kalkerde	39,50
Bittererde . . .	17,83	Bittererde . . .	22,27
Kieselerde . . .	11,76	Kieselerde . . .	16,56
Thonerde . . .	2,73	Thonerde und Eisenoxyd	10,77
Eisenhyperoxyd . .	1,50		100,00
Feuchtigkeit . .	1,50		
	100,00		

Analyse des hydraulischen Kalksteins von Ulster County, dem Delaware und Hudsoncanal entlang.

	Ungebrannt.	Gebrannt.
Kohlensäure	34,20	5,00
Kalkerde	25,50	37,60
Bittererde	12,35	16,65
Kieselerde	15,37	22,75
Thonerde	9,13	13,40
Eisenoxyd	2,25	3,30
Bituminöse Materie, Feuchtigkeit und Verlust .	1,20	1,30
	100,00	100,00

Das hydraulische Cement von dem letztern Orte ist allgemein bekannt geworden; es ist mit Erfolg bei den meisten militärischen und andern öffentlichen Bauten an der Seeküste verwendet worden. Nach diesen Analysen gehören diese Kalksteine nach der Klassification von Petot unter die hydraulischen Cemente; sie löschen sich nicht ab, und erhärten alle schnell unter dem Wasser.

40. Die Kenntniß der hydraulischen Eigenschaften gewisser bittererdehaltenden Kalke verdanken wir Vicat, welcher in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit hierauf wendete. Vicat neigt zu der Meinung hin, daß Bittererde allein, ohne Hinzukommen von Thon, nur einen geringen hydraulischen Kalk gebe. Er sagt, er habe nie einen andern erhalten, wenn er gewöhnlichen Kalk und Bittererde zusammensetzte, und er kenne keine hinreichend verbürgte Nachricht, daß irgend ein Dolomit einen guten hydraulischen Kalk gegeben habe. Diese Steine sind nach ihm frei von Thon, sehr reine krystallinische Karbonate, welchen zuweilen etwas Kieselsand beigemengt ist. Aus Vicat's

Versuchen geht mit Sicherheit hervor, daß kohlensaure Bittererde in Verbindung mit kohlensaurer Kalkerde, 40 Theile der ersten auf 30 bis 40 Theile der letztern, nur einen Kalk mit schwachen hydraulischen Eigenschaften gibt, welcher nicht mehr an Härte zuzunehmen scheint, wenn er einmal fest geworden ist; daß aber nur einige Hundertel Thon verlangt werden, um diese Zusammensetzung energisch hydraulisch zu machen. Dieser Thon veranlaßt nach der Annahme von Vicat die Bildung von Hydraten der dreifachen Silicate von Kalk, Thonerde und Bittererde, welche die Eigenthümlichkeit des guten hydraulischen Mörtels haben.

41. Die hydraulischen Eigenschaften der Bittererde-Kalstkeine der Vereinigten Staaten sind von Professor W. B. Rogers bemerkt worden, welcher in seinem **Report of the Geological Survey of Virginia 1838** folgende Analysen einiger dieser Steine gegeben hat.

	Nro. 1.	Nro. 2.	Nro. 3	Nro. 4.
Kohlensaure Kalkerde . . .	55,80	53,23	48,20	55,03
Kohlensaure Bittererde . . .	39,20	41,00	35,76	24,16
Thonerde und Eisenoxyd . .	1,50	0,80	1,20	2,60
Kieselerde und unlöslicher Rückstand	2,50	2,80	12,10	15,30
Wasser	0,40	0,40	2,73	1,20
Verlust	0,60	1,77	0,01	1,71
	100,00	100,00	100,00	100,00

Der Kalkstein Nro. 1. dieser Tafel ist von Sheppardstown am Potomac in Virginien; er wird vielfach zu hydraulischem Cement gebraucht. Nro. 2. ist von der natürlichen Brücke und den Bänken von Cedar-Creek, Virginien; es liefert ein gutes Cement. Nro. 3. ist von New-York und wird in großer Menge zu Cement gebrannt. Nro. 4. ist von Louisville, Kentucky; er soll ein gutes Cement geben.

42. Vicat sagt, daß ein Bittererde-Kalkstein in Frankreich, der 40 Theile Kalk, 21 Bittererde und 21 Kieselerde enthält, ein gutes hydraulisches Cement gebe; er gibt ferner folgende Analyse eines Steines, der einen guten hydraulischen Kalk liefert.

Kohlensaurer Kalk	50,60
Kohlensaure Bittererde . . .	42,00
Kieselerde	5,00
Thonerde	2,00
Eisenoxyd	0,40
	100,00

Vergleicht man diese Zusammensetzungen mit denen der Cementsteine von New-York und den hydraulischen Kalksteinen des Professors Rogers, so findet man, daß sie beziehungsweise nahe dieselben Verbindungen von Kalk, Bittererde und Kieselerde sind.

43. Physikalische Eigenschaften und Kennzeichen der hydraulischen Kalksteine. Die äußeren Eigenschaften eines Kalksteins, Farbe, Ge-

füge, Bruch und Geschmack setzen nicht in den Stand, zu entscheiden, ob ein Kalkstein hydraulisch sey oder nicht; allein sie geben die Vermuthung, besonders wenn der Fels, von dem das Probestück genommen ist, mit Thonablagerungen in Verbindung steht, oder wenn er zu einer Formation gehört, deren Lage und Kennzeichen dieselben sind wie die der Thon-Bittererde führenden Felsen. Diese Steine haben gewöhnlich eine schmutzige Farbe, grau oder dunkel graublau; ein dichtes Gefüge, ebenen oder muschligen Bruch mit einem erdigen oder thonigen Geruch und Geschmack. Obgleich die hydraulischen Kalksteine in der Regel gefärbt sind, so kann es doch vorkommen, daß sich ganz weißer findet, eine Verbindung von Kalk mit einem reinen Thon.

Die Schwierigkeit, aus den physikalischen Eigenschaften eines Kalksteines die Klasse anzugeben, zu welcher er gehört, bringt die Nothwendigkeit mit sich, mit den Steinen einen direkten Versuch über ihr Verhalten zum Wasser anzustellen.

44. Zu einer vollständigen chemischen Untersuchung eines Kalksteines gehört mehr Uebung in chemischen Manipulationen als die Ingenieure gewöhnlich besitzen; die Bestimmung der Menge des Thons und der Bittererde kann aber ohne Anstand von Jemand geschehen, der die Anfangsgründe der Chemie kennt, und von dieser Bestimmung kann man mit ziemlicher Sicherheit auf die hydraulischen Eigenschaften des Kalkes schließen. Hierzu nimmt man ein kleines Stück des zu prüfenden Steines, etwa 5 Drachmen, und zerreibt dieses zu einem Pulver, welches man sodann in ein Gefäß, etwa ein gewöhnliches Uhrglas bringt, und mit verdünnter Salzsäure übergießt, bis das Aufbrausen aufhört. Das Gefäß wird nun langsam erwärmt, und die Flüssigkeit verdampft, bis das Zurückgebliebene die Consistenz eines dünnen Breies hat. Diesen bringt man in etwa einen Schoppen reines Regen- oder destillirtes Wasser und schüttelt dieses stark, und filtrirt endlich. Der Rückstand auf dem Filter wird gut getrocknet, und wird zuletzt bis zum Rothglühen erhitzt. Darauf wird er gewogen, und dieß ist die Menge des Thons oder der unlöslichen Stoffe in dem Steine. Ist dieser Rückstand durchaus körnig, so ist der Stein nicht hydraulisch; die Körner müssen sorgfältig von dem andern entfernt werden, ehe dieses gewogen wird.

45. Ist in dem Steine Bittererde enthalten, so zeigt sich dieß durch die Langsamkeit, mit der die Auflösung geschieht; ist nur wenig Bittererde vorhanden, so geschieht die Auflösung erst schnell und wird dann aber langsamer. Um die Menge der Bittererde zu bestimmen, gießt man zu der filtrirten Auflösung helles Kalkwasser so lange, bis sich kein Niederschlag mehr bildet. Diesen Niederschlag bildet man auf einem Filter und wascht ihn mit reinem Wasser aus. Was hierbei zurückbleibt, ist Bittererde; sie wird stark getrocknet und gewogen.

46. Hat diese chemische Untersuchung die hydraulische Kraft des Steins wahrscheinlich dargestellt, so muß noch eine direkte Probe gemacht werden. Ein Stück des Steins wird in nußgroße Stücke zerschlagen, welche man in einen Schmelztiegel bringt, der durchlöchert ist, um der Luft freien Zutritt zu gewähren. Den Schmelztiegel setzt man einem hinreichend starken

Feuer aus, um alle Kohlensäure zu vertreiben. Nach drei bis vier Stunden wird eine kleine Probe des gebrannten Steins herausgenommen und mit Säure betupft; das stärkere oder schwächere Aufbrausen gibt den Grad des Brennens an; findet ein Aufbrausen nicht mehr Statt, so ist dasselbe beendigt. Der gebrannte Stein wird probirt, so bald er kalt ist, oder er wird in einem möglichst luftdichten Gefäße bis zum Gebrauche aufgehoben.

47. Beim Probiren des gebrannten Steins wird dieser zuerst abgelöscht, wobei man ihn in einen kleinen Korb legt, der fünf oder sechs Secunden lang in reines Wasser untergetaucht wird. Der Stein wird aus dem Korbe genommen sobald das Wasser abgelaufen ist, und bleibt stehen bis das Ablöschen vollendet ist. Dieser Proceß geht schneller oder langsamer vor sich, je nach der Art des Steins und dem Grade seiner Calcination. In manchen Fällen ist der Stein in wenig Minuten abgelöscht, in andern zerfallen nur einige Theile des Steins zu Pulver, und der Rest zerbröckelt, und löscht sehr langsam ab; andere Steine dagegen, wie die wahren Cementsteine, zeigen die Erscheinungen des Ablöschens gar nicht. Löscht der Stein theilweise oder ganz ab, so wird er in einen dicken Brei verwan delt, wobei man die Theile sorgfältig zerreibt, wenn nothwendig in einem eisernen Mörser. Aus dem Brei bildet man einen runden Kuchen, welchen man auf den Boden eines gewöhnlichen Bechers bringt, worauf man Wasser darüber gießt. Diese Zeit wird notirt. Ist der Kalk nur wenig hydraulisch, so ist er nach fünfzehn oder zwanzig Tagen hart genug geworden, um dem Drucke des Fingers zu widerstehen, und von da fährt er fort, langsam mehr zu erhärten, besonders vom sechsten oder achten Monat an; am Ende eines Jahrs hat er die Consistenz von harter Seife erlangt, und ist jetzt nur noch wenig löslich in Wasser. Ein guter hydraulischer Kalk soll sechs oder acht Tage nachdem er unter Wasser gebracht wurde, dem Drucke des Fingers widerstehen; er wird härter bis zum sechsten bis zwölften Monate nach dem Untertauchen, und erreicht dann die Härte der weichesten Kalksteine; in Wasser ist er dann unlöslich. Ist der Stein sehr hydraulisch, so wird er in zwei bis vier Tagen unter Wasser hart und ist schon nach einem Monate ganz hart und unlöslich in Wasser, und nach sechs Monaten ist er so hart wie gute Kalksteine, splittert von einem Schlage und zeigt einen schieferigen Bruch.

Da die Cemente sich nicht merklich ablöschen, so muß man den gebrannten Stein zerreiben, und aus dem erhaltenen feinen Pulver mit Wasser einen Brei bilden. Wird dieser zwischen den Fingern geknetet, so wird er warm, und gesteht gewöhnlich in wenigen Minuten sowohl im Wasser als in der Luft. Hydraulisches Cement ist noch weniger löslich im Wasser als hydraulischer Kalk, und die Wirkung des reinen Wassers auf dasselbe hört schon wenige Wochen nach dem Untertauchen auf.

48. Brennen des Kalksteins. Die Wirkungen der Hitze auf Kalkstein sind je nach der chemischen Constitution des letztern verschieden. Reine Kalksteine ertragen eine große Hitze ohne zu schmelzen; sie geben dabei ihre Feuchtigkeit und die Kohlensäure ab. Unreine Steine, die Kieselerde enthalten, schmelzen in großer Hitze vollständig und werden in starker Rothglühhitze mehr oder weniger verglast. Die Hitze treibt auch bei diesen Was=

ser und Kohlensäure aus, ändert aber zugleich auch die chemische Beziehung der Bestandtheile. Thonige Kalke, welche vor dem Brennen einen in Salzsäure unlöslichen Rückstand lassen, werden durch das Brennen vollständig auflöslich, ohne die Quarzkörner, welche sie vielleicht enthalten.

49. Das Brennen der hydraulischen Kalke muß mit großer Vorsicht geschehen, um das Schmelzen derselben zu verhüten. Wird das Brennen nicht weit genug fortgesetzt, so werden die halbgebrannten Theile sich nicht ablöschen; war aber die Hitze zu groß, so wird der Stein todtgebrannt, löscht sich sehr langsam und unvollkommen ab, und kann in diesem Zustande zum Mauern verwendet, beim später eintretenden Ablöschen durch das damit verbundene Aufschwellen die Arbeit verderben.

50. Die größere oder geringere Leichtigkeit, mit welcher sich die hydraulischen Kalke brennen lassen, hängt von mehreren Ursachen ab, wie von der Dichte des Steins, der Größe der Stücke und der Gegenwart eines Luftstroms, oder von Wasserdämpfen. Die dichten Kalksteine geben ihre Kohlensäure weniger leicht ab als die porösen. Steine in kleinen Stücken können unter der Rothglühhitze in wenigen Stunden gebrannt werden, während dieselben Steine in Stücken von sechs bis acht Zoll Durchmesser eine viel höhere Temperatur und längere Zeit zum Brennen brauchen. Dieß ist besonders bei den unreinen Kalksteinen zu beachten, welche in großen Stücken an der Oberfläche sich verglasen, während sie im Innern noch nicht gaar gebrannt sind.

51. Ein Dampfstrom erleichtert das Abgeben der Kohlensäure sehr. Dieser Einfluß ist, wie Gay-Lussac gezeigt hat, ein rein mechanischer; der Dampf entfernt die Kohlensäure-Atmosphäre um die Steine. Aus den Versuchen von Gay-Lussac ergibt sich, daß der Dampfstrom mit demselben Erfolge durch Einströmen von atmosphärischer Luft ersetzt werden kann. Beim Brennen von unreinem Kalke kann durch Wasser zugleich die Verglasung der Oberfläche bei zu hoch gesteigerter Temperatur verhindert werden; ein Vortheil in Bezug auf Brennmaterial-Ersparniß scheint aber nicht erreicht zu werden.

52. Holz, Holzkohlen, Torf, Braunkohlen, Steinkohlen und Anthracite werden zum Kalkbrennen verwendet. Steinkohlen sind an vielen Orten wohlfeiler zum Brennen als Holz, aber sie erfordern mehr Sorgfalt in der Führung des Feuers. Die gewöhnliche Meinung der Kalkbrenner, daß feuchtes Brennmaterial und feuchter Kalkstein besser seyen als trocknes, ist falsch, da zur Verdampfung des Wassers ein großer Theil der erzeugten Hitze verwendet werden muß.

53. **Kalköfen** hat man von den mannichfachsten Formen und Verhältnissen aufgeführt. Wo einige Aufmerksamkeit auf Brennstoff-Oekonomie verwendet wurde, hat man die cylindrische, eiförmige oder die umgekehrt conische Form gewählt. Die beiden ersten werden bei Holz, die letzte bei Steinkohlen vorgezogen.

54. Beim Kalkbrennen wird entweder die ganze Ladung auf einmal ausgezogen, oder das Brennen geschieht ununterbrochen, der gebrannte Kalk wird ausgezogen und sogleich roher Kalkstein aufgegeben. Die letzte Art wird

Fig. 1. *)

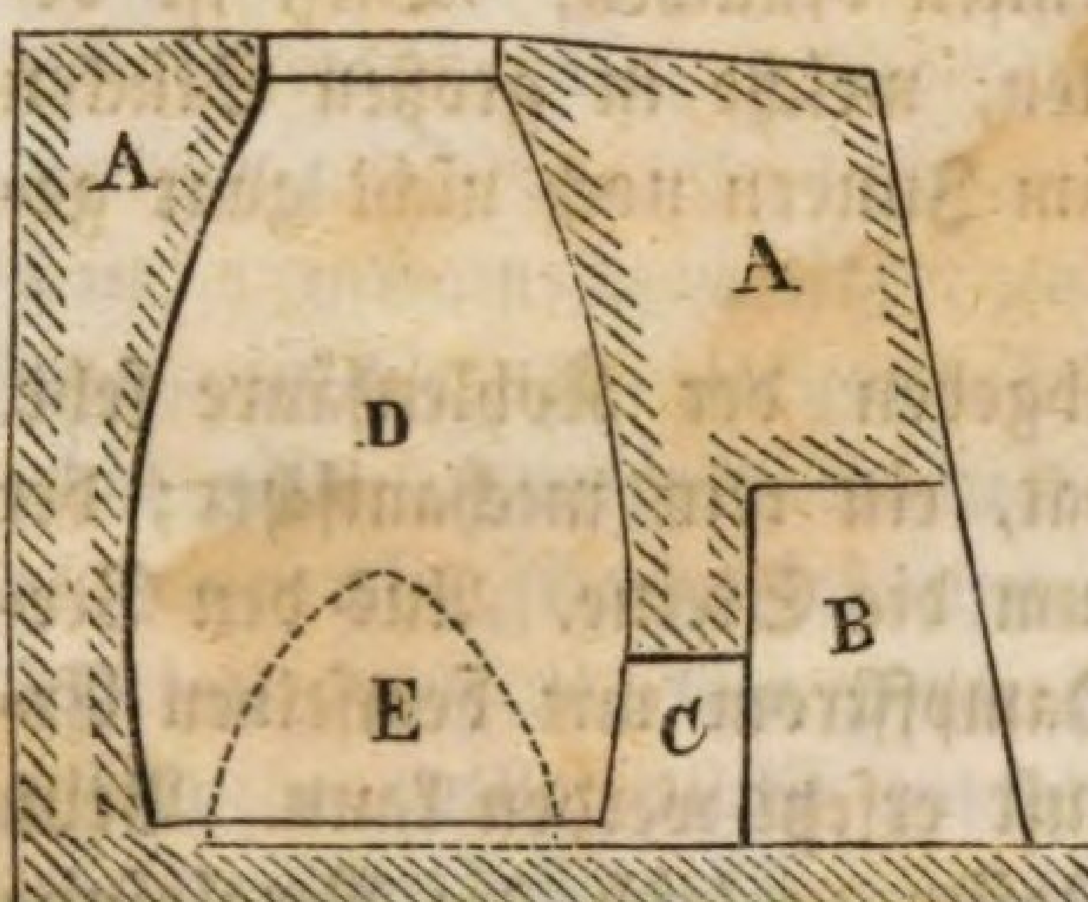


besonders beim Brennen mit Steinkohlen befolgt. Steine und Kohlen, in geeigneten Stücken und in Verhältnissen, wie sie die Erfahrung gelehrt hat (Fig. 1.), werden in abwechselnden Schichten in den Ofen gebracht. Die Kohlen werden am Boden des Ofens entzündet, und neue Schichten von Kohlen und Stein werden auf der Gicht aufgegeben, wie sich die Masse heruntersetzt und theilweise unten ausgezogen wird. Diese Oefen mit ununterbrochenem Gange verzehren weniger Brennmaterial, als die Oefen, bei denen die ganze Ladung des Ofens auf einmal fertig gebrannt und dann der Ofen ganz geleert wird.

*) Zeigt einen Vertikalschnitt eines Kalkofens für Kohlen durch die Achse und die Mittellinien der Eingänge.
A die Umfassungsmauer, welche äußerlich einen viereckigen Thurm mit den einander entgegengesetzten gewölbten Eingängen **B**, **B** hat.
C das Innere des Ofens.
D Aschenfall.
cc. Oeffnungen zwischen **B**, **B** und dem Innern, durch welche der gebrannte Kalk ausgezogen wird.

55. Bei Holzbrand wird mit den größten Kalksteinstücken ein Gewölbe gebildet, welches entweder auf dem Boden des Ofens oder auf einem Aschenkasten steht. Der untere Durchmesser des Gewölbes ist wenige Fuße kleiner als der des Ofens, und sein Inneres ist geräumig genug, um das in kurze Stücke geschnittene Holz aufzunehmen, das aufrecht in das Gewölbe gestellt wird. Die übrigen Kalksteine werden auf das Gewölbe gesetzt; die größten Stücke unten und in die Mitte des Ofens. Die Führung des

Fig. 2. **)



**) Fig. 2. stellt den Verticaldurchschnitt durch die Achse und die Mittellinie des Eingangs eines Kalkofens für Holz dar.
A Mauerwerk.
B Eingangsgewölbe.
C Oeffnung zum Ausziehen des Kalks und zum Nachlegen des Holzes.
D Das Innere des Ofens.
E Gewölbe von Kalksteinen, durch die punktirte Linie angedeutet.

Feuers ist Erfahrungssache; in den ersten acht oder zehn Stunden soll es schwach seyn, um den Ofen langsam in Rothglühehitze zu bringen. Wird schnell eine grelle Hitze erzeugt oder wächst diese plötzlich, zerspringen die Steine des Gewölbes leicht, und verhindern so das Brennen, indem sich die Durchgänge für die Flamme zwischen den Steinen des Gewölbes verstopfen. Ist der Ofen in Rothglühhitze gebracht, so muß das Nachlegen des Holzes gleichmäßig bis zum Schlusse des Brandes geschehen. Die zuweilen vorkommende Gewohnheit, das Feuer gegen Ende des Brennens schwächer werden zu lassen, ist fehlerhaft, da die letzten Theile der Kohlensäure, welche der Stein enthält, nur bei hohem Hitzgrade entweichen. Die Zeichen der Vollendung des Brandes sind: das Zusammensinken der Steine in einem kleineren Raume, welches bei diesem Grade ungefähr ein Sechstel des ursprünglichen Volumens beträgt; das Ansehen der Stücke, welche das Ge-

wölbe bilden, dessen Zwischenräume durch Bruchstücke von gebranntem Kalk verstopft sind, und die Leichtigkeit, mit welcher eine eiserne Stange durch die gebrannten Steine in den Ofen niedergestoßen werden kann. Hat man hieran die Vollendung des Brennens erkannt, so wird der Ofen zehn bis zwölf Stunden lang geschlossen erhalten, um die obersten Schichten vollends zu brennen.

56. Die Form und die Verhältnisse eines Kalkbrennofens für Holz können nur durch Versuche bestimmt werden. Ist die Höhe zu groß, so werden die untersten Schichten schon todtgebrannt seyn, wenn die obersten noch nicht gaar sind. Das Verhältniß zwischen der Höhe und dem mittleren horizontalen Querschnitte hängt von dem Gefüge, der Größe der Stücke und der leichtern oder schwierigern Verglasbarkeit der Kalksteine ab. Petot behauptet als Erfahrungsresultat, daß die großen Oefen verhältnißmäßig weniger Brennmaterial verzehren als die kleinen; daß aber, wenn der mittlere horizontale Querschnitt 60 Quadratfuß überschreitet, diese Ersparniß nicht mehr merklich wachse.

57. Der Kreis scheint die beste Form für den horizontalen Querschnitt zu seyn, sowohl für die Oeconomie des Brennmaterials als für die Festigkeit des Ofens. Eine cylindrische Form des Ofens taugt nicht, weil in diesem die schnell aufsteigenden brennenden Gase sehr bald durch die Steine abgekühlt werden, so daß die oberen Schichten nicht gebrannt seyn werden, wenn die untern schon gaar sind. Um eine mehr gleiche Temperatur durch die ganze Masse hervorzubringen, muß der horizontale Querschnitt nach oben abnehmen, von dem Punkte wo die Flamme verbrennt, also nahe vom Scheitel des Gewölbes, bis zur Gicht. Zu stark darf diese Verengerung nach oben nicht seyn, um den Zug nicht zu hemmen und die Kapacität des Ofens nicht zu sehr zu beschränken; und in keinem Falle sollte das offene Ende des Ofens weniger als ein Viertel des größten Querschnitts betragen. Man kann die Gicht mit diesem Querschnitte durch Kreisbogen verbinden, welche an dem unteren der beiden Punkte verticale Tangenten haben.

58. Kalköfen werden aus Backsteinen oder aus guten natürlichen feuerfesten Steinen erbaut. Die Mauern des Ofens müssen dick genug werden, um die Hitze zusammenzuhalten. Erlaubt es die Localität, so baut man die Oefen in einen Bergabhang; ist dieß nicht der Fall, so muß man das Mauerwerk mit eingelegten eisernen Schlaudern zusammenhalten. Das Innere der Oefen muß mit guten feuerfesten Steinen, Backsteinen oder natürlichen, ausgekleidet seyn.

59. Petot zieht die Oefen mit Rost und Aschenfall unter dem Gewölbe aus Kalksteinen vor, weil sie die Mittel geben, das Feuer besser zu leiten und die Flamme mehr nach der Achse des Ofens hinzuziehen. Die Wirkung der Flamme ist so gleichförmiger durch die ganze Masse, und zugleich trifft die strahlende Wärme das ganze Gewölbe in gleichem Maaße.

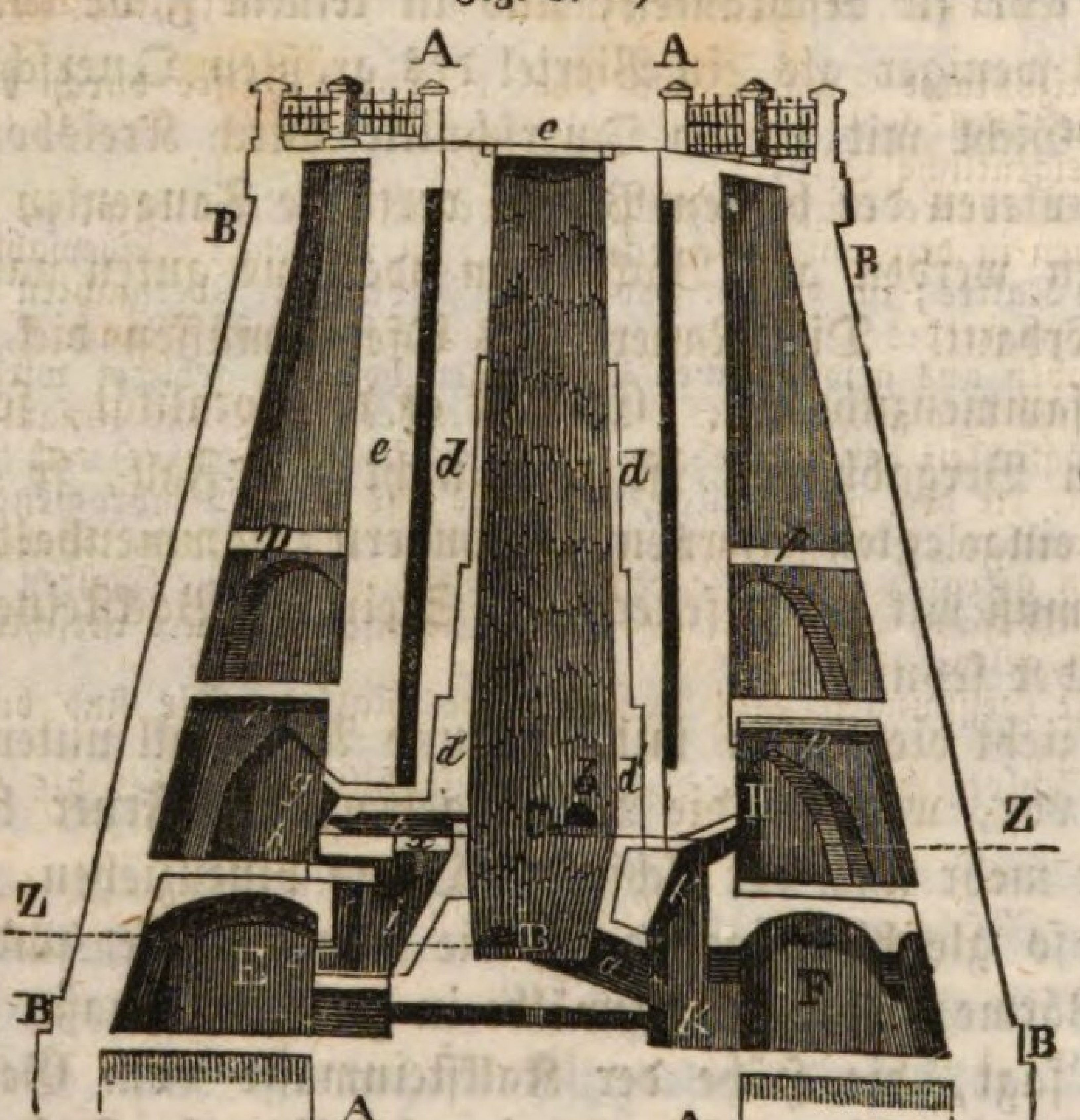
60. Petot sagt, die Höhe der Kalksteinmasse vom Gewölbe bis zur Gicht des Ofens solle nicht größer als vierzehn bis zehn Fuß seyn, je nachdem die Steine mehr oder weniger dicht seyen, und je nachdem der Kalk mehr oder weniger leicht verglase. Er schlägt Oefen mit zwei Stockwerken vor,

[welche aber bei großem Betriebe gewiß besser durch Oefen mit ununterbrochenem Betriebe ersetzt werden. Anm. des Bearbeiters.]

Petot gibt folgende allgemeine Regeln für die Verhältnisse eines Kalkofens. Der größte horizontale Querschnitt liegt wenig unter dem Scheitel des Gewölbes aus den Bruchsteinen; der Durchmesser dieses Querschnittes soll 1,82 des Durchmessers des Rostes seyn. Die Höhe des Gewölbes über dem Roste ist drei bis sechs Fuß, je nach der Menge des Brennmaterials, das in der Stunde verbrannt werden soll. Der Boden des Ofens, auf welchem das Gewölbe ruht, liegt vier bis sechs Zoll über der obern Fläche des Rostes. Der Durchmesser der Gicht (der obern Oeffnung des Ofens) ist 0,63 des Durchmessers der größten Weite. Die horizontalen Durchmesser des Ofens nehmen von dem weitesten Querschnitte gegen die Gicht hin und gegen den Boden ab, das letztere um die Steine am Boden besser durch die strahlende Wärme durchbrennen zu lassen. Der Rost wird aus gußeisernen Barren von der gewöhnlichen Form zusammengesetzt; der Raum zwischen den Roststäben ist $^1/_4$ der Rostfläche. Der Boden des Aschenfalls, welcher mit der äußern Bodenebene zusammenfallen kann, liegt $1^1/_2$ Fuß unter dem Roste; und beim Eingang zum Aschenfalle wird ein Behälter mit Wasser aufgestellt, ungefähr $1^1/_2$ Fuß tief, das Wasserdämpfe liefern soll. Der Zug durch den Rost wird durch einen Seitenkanal in den Aschenfall regulirt, der ganz oder theilweise geschlossen werden kann. Der Querschnitt dieses Kanals ist ein Zehntel der ganzen Rostfläche. Eine quadratische Oeffnung von 16 Zoll Weite führt zu dem Boden des Gewölbes, um das Feuer zu erhalten; diese Oeffnung ist mit einer feuerfesten und luftdichten Thüre verschlossen.

61. *) Für einen großen, fortdauernden Bedarf an Kalk sorgt man am

Fig. 3. **)



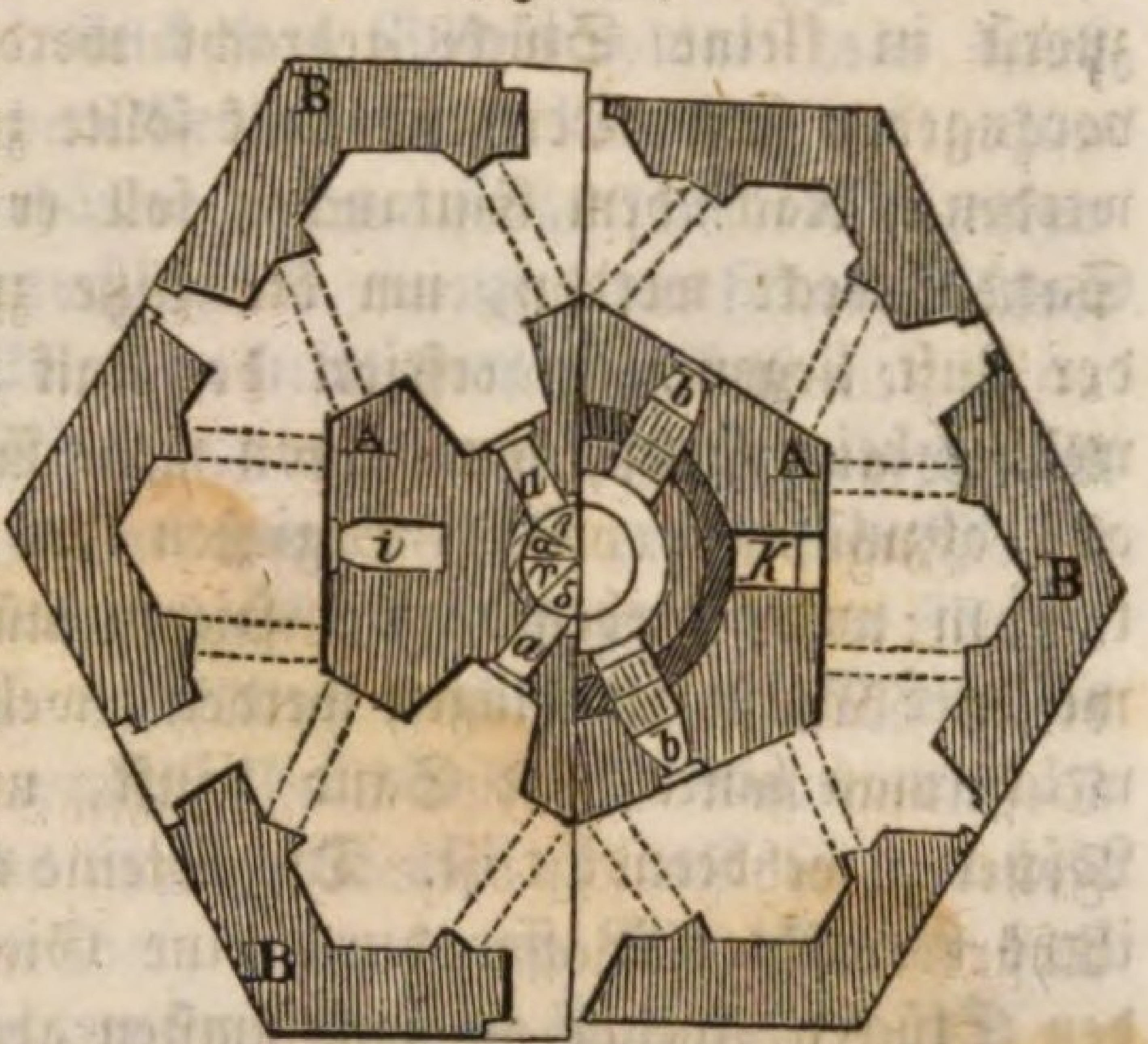
*) Von mir eingeschaltet. Die Abbildungen sind aus Knapp's chemischer Technologie, Braunschweig, Vieweg u. S. Der Bearb.

**) Fig. 3 ist ein senkrechter Durchschnitt durch die Achse des Ofens.

besten durch einen Ofen mit ununterbrochenem Betriebe. Von Oefen dieser Art für Steinkohlenfeuer war oben schon die Rede; für Holz und Torffeuer bietet das großartigste Beispiel der Rüdersdorfer Ofen, welcher ganz Berlin und die Umgegend mit gebranntem-Kalke versieht. Dieser Ofen ist 38 Fuß (12 Meter nahe) von der Gicht bis zu den Feuerungen tief, und von dort bis zur Sohle 7 Fuß (2^{m},2) oder im Ganzen 45 Fuß (14^{m},2). Seine Weite beträgt bei der Gicht 6 Fuß (1^{m},9), ebenso viel an der Sohle und an der weitesten Stelle 8 Fuß (2^{m},5); bis auf 32 Fuß (10^{m}) Höhe ist er mit feuerfesten Backsteinen bekleidet.

Soll dieser Ofen in Gang gesetzt werden, so füllt man den Schacht bis zur Höhe der Feuerung **b, b, b,** mit Kalksteinen an, und brennt diese, indem man Feuer in den Ziehöffnungen **a, a** anzündet. Sind diese Kalksteine gaar gebrannt, so füllt man den Ofen bis zur Gicht voll Kalksteine, und zündet dann Feuer in den Feuerstellen **b, b** an, welches nun fortdauernd unterhalten wird. Am Fuße werden von jetzt an alle 12 Stunden die gaar gebrannten Steine ausgezogen, während man oben fortwährend frische Kalksteine aufgibt, welche aus dem Steinbruche auf einer Eisenbahn zugeführt werden. Das Erzeugniß in 12 Stunden sind 60 bis 72 Centner (3000 bis 3600 Kilogramme) Kalk.

Fig. 4. *)



Vergl. Vademecum f. d. prakt. Ingenieur u. Baumstr. Stuttg., Müller. §. 354. S. 377 ffg.

*) Fig. 4 ein horizontaler Schnitt, und zwar die rechte Hälfte durch die Feuerungen, die linke durch die Zuglöcher, wie **Z, Z** des Aufrisses.

A, A der eigentliche Ofen.

B, B, B die äußere Umfassungsmauer, welche die Gewölbe **p, p, p** umschließt. Diese Gewölbe dienen in den untern Stockwerken zum trockenen Aufbewahren des Brennmaterials und des Kalkes; im dritten und vierten Stockwerke übernachten die fremden Arbeiter.

C ist das Innere des Ofens, welches durch die feuerfeste Mauer **d, d,** und die, welche weiter nach oben aus gewöhnlichen Backsteinen besteht, gebildet wird. Um diese Mauer ist ein mit Asche lose ausgefüllter Raum, welcher theils das Zusammenhalten der Hitze, theils die Möglichkeit der Ausdehnung des Ofenschachtes zum Zweck hat.

b, b, b sind die drei Feuerstellen, welche je aus zwei durchbrochenen Thonplatten, als Rost, mit darüber gesprengtem feuerfestem Gewölbe bestehen. Der Rost ist durch einen kleinen Bogen getragen. Die Feuerstellen sind durch eiserne Thüren verschlossen.

i ist der Aschenfall, welcher selbst durch eine eiserne Thüre verschlossen ist, wenn nicht der Aschenfall geleert werden soll.

a, a sind die Oeffnungen zum Ausziehen des Kalkes. Sie sind durch eiserne Thüren verschlossen.

K ist ein Schlot, durch den die heiße Luft beim Ausziehen des Kalkes vom Arbeiter abzieht.

62. Das Löschen des Kalkes. Dieses kann auf dreierlei Art geschehen; entweder gießt man hinreichend Wasser auf den Kalk, um ihn in einen dünnen Brei zu verwandeln, oder man bringt den Kalk in einen Korb, welchen man wenige Secunden in Wasser taucht, während welcher Zeit der Kalk Wasser genug auffaugt, um nachher in ein trockenes Pulver zu zerfallen, oder man besprengt den Kalk mit Wasser, um dieselbe Wirkung zu

erlangen. Läßt man den Kalk an der Luft liegen, so saugt er die Feuchtigkeit aus dieser auf und zerfällt zu einem rauhen Pulver.

63. Unter den Ingenieuren scheint die Meinung verbreitet zu seyn, daß die erste dieser Methoden, das Eintränken des Kalkes, die schlechteste sey; allein wenn sie recht ausgeführt wird, so liefert sie einen schöneren Kalkbrei, als jede der beiden andern; und sie ist deßhalb vorzuziehen, wo immer ein solcher Kalkbrei verlangt wird. Einige Sorge muß übrigens angewendet werden. Der Stein muß frisch aus dem Ofen kommen, sonst gibt er beim Löschen Stücke und Körner. Alles Wasser muß auf einmal zu dem in dem Löschkasten liegenden Kalk gegossen werden; wenn frisches Wasser zugegossen werden muß, so erhält man einen sandigen Brei (der Kalk verbrennt mit zu wenig Wasser). Man bedarf etwa drei Theile Wasser zu ein Theil Kalk.

64. Beim Ablöschen durch Eintauchen oder Besprengen muß der Kalk zuerst in kleine Stücke gebracht werden, wenn das Löschen gleichmäßig vorangehen soll. Der fette Kalk sollte zuerst in nußgroße Stücke zerschlagen werden. Nach dem Eintauchen soll er sogleich in Kasten gebracht oder mit Sand bedeckt werden, um die Hitze zusammenzuhalten. Läßt man ihn an der Luft liegen, so erfriert der Kalk und zerfällt in einen groben Gries, welcher beim Hinzukommen von mehr Wasser einige Zeit braucht, um durchaus abzulöschen. Das Begießen des Kalkes ist bequemer als das Eintauchen und ist ebenso gut. Hierzu müssen die Steine in Stücke von angemessener Größe zerschlagen werden, welche mau in kleine Haufen bringt, um welche man hinreichend Sand häuft, um den Kalk zu bedecken, wenn das Löschen nahe beendigt ist. Die Steine werden dann mit ungefähr ein Viertel ihres Gewichtes Wasser durch eine Gießkannenbrause begossen, wobei man den Stücken, welche am langsamsten abzulöschen scheinen, das meiste Wasser zuführt. Scheint der Prozeß beendigt, so bedeckt man den Kalk sorgfältig mit Sand und läßt ihn einen bis zwei Tage vor dem Gebrauche stehen.

65. Das Ablöschen durch Untertauchen oder Begießen wird für das Beste gehalten. Die Wassermenge, welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Natur des Kalkes; 100 Theile fetter Kalk nehmen nur 18 Theile Wasser auf; 100 Theile magerer Kalk nehmen dagegen 20 bis 35 Theile Wasser auf. Ein Volum gebrannter Kalk als Pulver schwillt dabei zu dem Volum 1,50 bis 1,70 auf, während 1 Volum magerer Kalk 1,80 bis 2,18 Volume gelöschten Kalk gibt.

66. Gebrannter Kalk nimmt an der Luft langsam Feuchtigkeit aus dieser auf, wobei er sich nur wenig erwärmt. Ueber die Wirkung dieser Art des Ablöschens sind die Meinungen verschieden; einige behaupten, der Mörtel aus solchem Kalk sey besser als jeder durch anderes Ablöschen erhaltene, und schreiben dieß dem Umstande zu, daß ein Theil des Kalkes wieder Kohlensäure aufgenommen hat; andere behaupten das Gegentheil und bezeichnen als Ursache davon denselben Umstand. Bei hydraulischen Kalken stimmen alle darin überein, daß das Zerfallen an der Luft schädlich sey. [Und gewiß ist dieß ebenso mit dem fetten Kalke der Fall. D. Bearb.]

67. An der Luft zerfallener Kalk wächst $^2/_5$ an Gewicht, und ein Volum gebrannter Kalk gibt 3,52 Volum Kalkbrei. Der magere Kalk wächst um

$^1/_8$ an Gewicht und von 1 Volum erhält man 1,75 bis 2,25 Volume steifen Kalkbrei.

68. Die trocknen Hydrate von Kalk saugen an der Luft Kohlensäure auf. Dieß geschieht sehr langsam, und niemals nimmt der gelöschte Kalk wieder so viele Kohlensäure auf, als er beim Brennen verloren hat. Als dicker Brei der Luft ausgesetzt, nimmt zuerst die Oberfläche Kohlensäure auf, von wo diese äußerst langsam weiter vordringt. [Gelöschter Kalk, der über 300 Jahre in dem Schlosse Landsberg und seinen Ruinen in einer Kalkgrube lag, war nur einige Zolle tief von der Oberfläche kohlensauer geworden. D. Bearb.] Magerer Kalk absorbirt Kohlensäure schneller als fetter Kalk. Die best abgelöschten Kalke werden am härtesten; die Hydrate des fetten Kalkes werden mit der Zeit härter als die der magern Kalke.

69. Die fetten Kalke kann man durch Einsumpfen lange Zeit in dem Zustande eines Breis erhalten. Auch das Pulver, was man durch Untertauchen erlangt hat, kann in bedeckten Gefäßen längere Zeit aufbewahrt werden. Hydraulische Kalke erhärten, wenn sie zu einem Brei angerührt werden, und verlieren ihre Brauchbarkeit, wenn man sie als Pulver aufbewahren will, es sey denn in vollkommen luftdichten Gefäßen.

70. Die Hydrate des fetten Kalkes, welche durch Untertauchen oder freiwillig an der Luft abgelöscht wurden, nehmen eine kleinere Menge Wasser auf, um in Kalkbrei verwandelt zu werden, als die andern; werden sie aber unter Wasier gebracht, so nehmen sie nach und nach die ganze Quantität Wasser auf, wobei der Brei dicker wird, aber dasselbe Volumen behält. Bleibt er so, so wird mit der Zeit das Wasser allen Kalk auflösen, welcher noch keine Kohlensäure aufgenommen hat, und wenn das Wasser freie Kohlensäure enthält, so löst es ebenso den kohlensauern Kalk auf.

71. Der hydraulische Kalk gibt, als dünner Brei in's Wasser gebracht, einen Theil seines Wassers ab und wird hart; ist der Brei sehr steif, so saugt er Wasser an, wird bald hart, und erhält mit der Zeit eine größere Härte als dünner Kalkbrei. Hydraulischer Kalk, der an der Luft erhärtet ist, behält seine Härte im Wasser.

72. Der fette Kalkbrei schwindet sehr ungleich beim Trocknen, und dieses Schwinden wächst mit der Reinheit des Kalkes. Deßhalb ist er für sich nicht wohl bei Bauten zu gebrauchen, es sey denn in sehr dünnen Lagen. Hydraulischer Kalk kann mit Nutzen nur unter Wasser angewendet werden, oder wo er beständig feucht bleibt, und da wird er niemals allein gebraucht, da er ebenso haltbar ist, wenn er mit Sand gemengt wird, und da dieses wohlfeiler ist.

Vergl. Vademecum f. d. prakt. Ingen. u. Baumstr. Stuttg., Müller. §. 355. S. 382.

73. Bereitungsart der hydraulischen Cemente. Die Cemente löschen sich nicht ab; sie müssen durch mechanische Kraft in ein feines Pulver verwandelt werden, ehe man sie in Hydrate verwandeln kann. Dazu werden die gebrannten Steine erst in kleine Stücke zerschlagen, dann unter eisernen Cylindern oder in eigenen Mühlen zwischen schweren Steinen zerrieben oder endlich in einem Rollfasse durch eiserne Kugeln zerquetscht. Die gröberen Körner werden hierauf durch Sieben von dem feinen Pulver getrennt, das dann sorgfältig in luftdichten Kisten verpackt und aufbewahrt wird.

74. Hydraulisches Cement verdirbt durch den Einfluß der Luft wie hydraulischer Kalk, und verliert mit der Zeit seine schätzbaren Eigenschaften. Deßhalb sollten beide stets frisch vom Ofen weg verbraucht werden. Denn selbst sorgfältig verpackt, bleibt es bei langem Transport nicht gut.

75. Die Aenderung des hydraulischen Cementes an der Luft rührt ohne Zweifel von der chemischen Vereinigung seiner Elemente, welche unter dem Einflusse der Feuchtigkeit und der Kohlensäure der Luft stattfindet. Brennen in viel geringerer Hitze als bei dem ursprünglichen Brennen, stellt die Eigenschaften des verdorbenen Cementes wieder her; nach Petot scheint eine kurz dauernde Rothglühhitze hierzu hinreichend.

76. Künstliche hydraulische Kalke und Cemente. Die Entdeckung, daß der Thongehalt den Kalken und Cementen die hydraulischen Eigenschaften verleihe, verbunden mit der Thatsache, daß fein gepulverte Backsteine, wie auch einige Steine vulkanischen Ursprungs von gleicher Zusammensetzung, mit Kalk in angemessener Menge gemengt, einen Brei geben, der unter Wasser erhärtet, hat in neuerer Zeit zur Bildung von Zusammensetzungen geführt, welche die Eigenschaften der natürlichen hydraulischen Kalke haben.

Vergl. Vademecum f. d. prakt. Ingen. l. c. S. 373.

77. Vicat war der erste, welcher zeigte, wie man durch Mengung von gewöhnlichem Kalke und ungebranntem Thone in passenden Verhältnissen und durch Brennen dieses Gemenges künstlichen hydraulischen Kalk erhalten könne. Die Versuche von Vicat sind vielfältig wiederholt worden, unter anderm von General Pasley, welcher in einem Werke, **Observations on Limes, Calcareous Cements etc.** in das Kleinste eingehend die Resultate seiner Untersuchungen mitgetheilt hat. Daraus scheint hervorzugehen, daß man ein hydraulisches Cement herstellen kann, das dem aus natürlichen Steinen erhaltenen ganz gleich kommt, wenn man gewöhnlichen Kalk, kohlensauern oder Hydrat, mit Thon mengt, und dieses Gemenge einer angemessenen Hitze aussetzt. In manchen Theilen von Frankreich wird die Erzeugung von künstlichem hydraulischem Kalke im Großen betrieben.

78. Bei der Fabrikation dieser Kalke oder Cemente ist die Hauptsache, beide Bestandtheile in möglichst fein zertheiltem Zustand so gleichförmig als möglich durcheinander zu mengen. Hierzu wird der Kalk, wozu man Kreide oder Tuff nimmt, mit Hülfe einer Poche oder eines Rollfasses in ein zartes Pulver zerrieben, welches man mit Thon versetzt und in einer Stampfe untereinander arbeitet. Das Gemenge wird dann in kleine Stücke oder Kugeln von 2 bis 3 Zoll Durchmesser gebracht und wohl getrocknet. Die getrockneten Kugeln werden in den Ofen gebracht, passend gebrannt und endlich abgelöscht oder in feines Pulver zerrieben.

79. Ist der Kalkstein hart, so wird er zuerst gebrannt und abgelöscht, und nun erst mit dem Thone vermengt, worauf man wie mit dem andern Gemenge verfährt.

80. Künstlicher hydraulischer Kalk aus hartem Kalke ist theurer als der aus Kreide oder Kalktuff, aber er ist besser als der letzte.

81. Die Kalke, wie sie in der Natur vorkommen, sind selten frei von

Thon, und die Thone enthalten oft Kalk. Deßhalb kann eine Vorschrift zur Zusammensetzung beider Körper nicht im Allgemeinen gegeben werden; Versuche müssen hier leiten, welche man durch vorausgehende Analysen der beiden Stoffe, welche verwendet werden sollen, abkürzen kann.

82. Puzzolane. Der Gebrauch der Backsteine oder des Ziegelmehles oder eines vulkanischen Körpers, der bei Puteoli, jetzt Puzzuoli, vorkommt, im Gemenge mit gemeinem Kalke zu Wasserbauten, war schon den Römern bekannt Der letzte Körper, welcher eine weiche, poröse, fast erdige Masse bildet, wird jetzt noch unter dem Namen Puzzolane auf gleiche Weise gebraucht, ebenso der Traß, welcher in der Gegend von Bonn gebrochen, in zahlreichen Stampfmühlen zu feinem Pulver zerstoßen und weithin versendet wird.

Die Chemiker haben noch andere Substanzen aufgefunden, welche bei zweckmäßigem Brennen und Pulvern die nämlichen Eigenschaften, wie Puzzolane haben.

Die folgende Tafel enthält die Resultate der Analysen von Puzzolane, Traß, eines Basaltes und eines Schiefers, welche nach dem Brennen und Pulvern die Eigenschaften der Puzzolane zeigen.

	Puzzolan.	Traß.	Basalt.	Schiefer.
Kieselerde	0,445	0,570	0,445	0,460
Thonerde	0,150	0,120	0,167	0,260
Kalk	0,088	0,026	0,095	0,040
Bittererde	0,047	0,010	—	—
Eisenoxyd	0,120	0,050	0,200	0,140
Manganoxyd	—	—	0,024	0,080
Kali	0,014	0,070	—	—
Natron	0,030	0,010	0,026	—
Wasser und Verlust . .	0,106	0,144	0,043	0,020
	1,000	1,000	1,000	1,000

83. General Treussart beim französischen Geniecorps hat zuerst eine systematische Erforschung der Eigenschaften der künstlichen Puzzolanen aus gewöhnlichem Thone und deren zweckmäßigste Bereitung im Großen versucht. Es geht aus seinen Versuchen hervor, daß der bildsame, fettig anzufühlende Thon, den man zu Ziegeln oder Häfnerarbeit gebraucht, wenn in diesem die Thonerde $^1/_5$ bis $^1/_3$ der Kieselerde ausmacht, die beste künstliche Puzzolane, bei richtigem Brennen liefert. Die mehr mageren Thone, welche sich rauher anfühlen, geben ein geringeres Material, das aber in manchen Fällen vorzuziehen ist, weil es sich leichter pulvern läßt.

84. Die Thone enthalten meistens Kalk, Bittererde, einige Metalloxyde und alkalische Salze; Treussart unternahm daher die Untersuchung des Einflusses dieser Bestandtheile auf die künstlichen Puzzolanen aus Thon, in welchem jene sich fanden. Er zeigt, daß kohlensaurer Kalk und Kochsalz günstig zu wirken scheinen, daß Bittererde und Eisenoxyd keinen Einfluß zu haben scheinen, wenn nicht das letzte in großer Menge auftritt, wo es schäd-

lich wirkt; daß endlich Kalk einen wesentlichen Einfluß auf den Hitzegrad hat, welchen man dem Thon geben muß, um ihn in eine gute künstliche Puzzolane zu verwandeln.

85. Die Regulirung der Hitze erscheint bei der Bereitung dieser Stoffe von erster Wichtigkeit; und General Treussart empfiehlt hierüber besondere Versuche anzustellen. Hierzu werden Probestücke des Thons in Kugeln von der Größe eines Eies geformt, getrocknet und in einem Ofen verschiedenen Hitzgraden ausgesetzt, wobei man einen Luftstrom über die Kugeln hingehen läßt, was nothwendig ist, um die beste Puzzolane zu erhalten. Einige dieser Kugeln werden ausgezogen, sobald ihre Farbe ein schwaches Brennen zeigt, andere wenn sie die Farbe gut gebrannter Backsteine haben, andere wenn sie verbrannt, aber noch nicht verglast sind. Die gebrannten Kugeln werden zu einem feinen Pulver zerrieben, und dieses mit fettem Kalkhydrat gemengt, zwei Theile Pulver auf einen Theil Kalkbrei. Ist es nothwendig, so bringt man noch Wasser hinzu, um der Mischung die Consistenz eines steifen Teigs zu geben; darauf werden sie einzeln in Glasgefäße gebracht, mit Wasser übergossen, wo man ihr Erhärten beobachtet. Die Mischung, welche am schnellsten erhärtet, zeigt den rechten Grad der Erhitzung an.

86. Da Kalk, Kali, Natron als Flußmittel auf die Kieselerde einwirken, so wird ihre Beimengung großen Einfluß auf den Temperaturgrad haben, bei welchem das Brennen die beste Puzzolane gibt. Thon, der ungefähr $^1/_{10}$ Kalk enthält, muß wie ein schlecht gebrannter Backstein gebrannt werden; ochrige Thone erfordern eine höhere Hitze, wie sie Backsteine zum guten Brennen verlangen; die mehr feuerfesten Thone ertragen einen noch höhern Hitzegrad, doch dürfen sie nicht anfangen, sich zu verglasen.

87. Die Quantität Kalk, welche in dem Thone enthalten ist, läßt sich leicht bestimmen, wenn man eine kleine Menge Thon in Wasser zertheilt, dem man genug Salzsäure zum Ausziehen des Kalkes zugesetzt hat. [Salzsäure löst aber in vielen Thonen auch einen Theil der Kieselerde und anderer Bestandtheile auf. D. Uebers.] Dieser Versuch kann zum Anhaltspunkt für die weiteren Versuche dienen.

88. General Treussart stellt nach seinen Versuchen fest, daß die Mischung von künstlicher Puzzolane und fettem Kalke einen hydraulischen Mörtel von besserer Qualität gibt, als der nach Vicat's Verfahren erhaltene. Der Franzose Curtois in den Annales des Ponts et Chaussées 1834 und General Pasley treten dieser Behauptung bei. Vicat's Verfahren scheint am besten angewendet, wenn man Kreide oder einen andern Kalk hat, der leicht zu pulverisiren ist, da dieses Verfahren wohlfeiler ist und einen hydraulischen Kalk liefert, der für die meisten Bauzwecke hinreichend gut ist. Durch dieses hat General Pasley ein hydraulisches Cement erhalten, das wenig, wenn überhaupt, geringer ist, als die besten natürlichen Cemente, was bei der Mischung von Puzzolanen mit Kalk, natürlichen oder künstlichen, noch nie erreicht wurde.

89. Alle Puzzolanen haben den wichtigen Vorzug, daß sie an der Luft ihre Eigenschaften nicht verlieren, was bei jedem hydraulischen Kalke oder Cemente der Fall ist. Diese Eigenschaft macht sie an Orten, wo nur gewöhnlicher Kalk oder nur schwach hydraulischer erhalten werden kann, sehr dienlich.

90. Theorie der Erhärtung hydraulischer Kalke *). Den Vorgang bei der Erhärtung hydraulischer Kalke hat Fuchs in München aufgeklärt. Durch das Brennen der Thone wird ein Theil der in den Thonen enthaltenen Kieselerde in eine in Säuren auflösliche Verbindung gebracht, welche durch Kalk zersetzt werden kann. Wird diese Verbindung mit Kalkbrei zusammengebracht, so zersetzt das Kalkwasser diese Verbindung und es bildet sich ein wasserhaltendes Silicat des Kalkes, welches fest ist. Durch den Zutritt von neuem Wasser bildet sich immer wieder Kalkwasser, was neue Theile der kieseligen Verbindung in jenes Silicat überführt, so daß unter dem Einflusse des Wassers in dem Breie aus Puzzolane und Kalk nach und nach immer mehr feste Theile sich bilden, dieser also erhärten muß.

Ohne Kalkzusatz behält der Thon seine Eigenschaft, die Puzzolane verdirbt nicht an der Luft.

Bei den gebrannten hydraulischen Kalken wird der Kieselthon durch die Einwirkung des Kalkes ebenfalls aufgeschlossen, d. h. den chemischen Einwirkungen der Säuren und der Basen auf nassem Wege zugänglich gemacht, und bei Zutritt von Wasser bildet sich wie oben ein wasserhaltendes Kalkerde-Silicat, das fest ist, und durch dessen Bildung eben das Erhärten des Kalkes hervorgebracht wird. Daß sich der hydraulische Kalk an der Luft nicht hält, erklärt sich leicht aus der Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft, welche den genannten chemischen Proceß nach und nach vollführt.

Mörtel.

91. Mörtel ist ein Gemenge von Kalkbrei und Sand. Hydraulischer Mörtel aus hydraulischem Kalke, Luftmörtel aus gewöhnlichem Kalke.

92. Für Mörtel im dünnen oder flüssigen Zustande gebraucht man an manchen Orten die Ausdrücke Speise, Pflaster (was übrigens auch andere Bindemittel bezeichnet); für Mörtel mit Kieseln und kleinen Bruchstücken von Steinen und Backsteinen die Ausdrücke Beton, Concret.

93. Mörtel wird auf mancherleise Weise beim Bauen gebraucht. Er dient als ein Bindemittel, um Steine und Backsteine zu vereinigen. Concrete der Engländer und Beton können als künstliche Conglomerate betrachtet werden, in welchen der Mörtel das Muttergestein bildet, welches die Kiesel und Bruchsteine umschließt; Mörtel ist endlich das Hauptmaterial zur äußern und innern Bekleidung der Mauern.

94. Die Qualität des Mörtels zu Bauten, die der Luft ausgesetzt sind, wie zu den unter Wasser stehenden, hängt von der Natur der gebrauchten Materialien, ihrem Verhältnisse, der Art, wie der Kalk in Kalkbrei verwandelt wurde, und endlich von der Weise, wie die Bestandtheile gemischt wurden, ab. Ueber alle diese Fragen sind Versuche der einzige nicht irrende Führer des Ingenieurs. Aus der großen Zahl von Thatsachen, welche hierüber die letzten Jahre gebracht haben, lassen sich indessen einige allgemeine Regeln ziehen, welche der Ingenieur befolgen kann, wenn ihm die Mittel fehlen, direkte Versuche zu machen.

*) Zusatz des Bearbeiters.

95. Sand ist einer der Bestandtheile des Mörtels. Er ist das körnige Produkt, was aus der Auflösung der Gesteine hervorgeht, und also wie diese entweder kieselig, kalkig oder thonig.

Sand erhält seinen Namen auch von dem Orte, an dem er sich findet, wie Flußsand, Seesand von den Ufern der Flüsse oder der See; gegrabener Sand aus den Alluvialablagerungen.

Bauleute klassificiren den Sand nach der Größe der Körner. Grober Sand hat Körner von $^1/_8$ bis $^1/_{16}$ Zoll Durchmesser; feiner Sand hat Körner von $^1/_{16}$ bis $^1/_{24}$ Zoll Durchmesser und gemischter Sand Körner von beiden Größen durcheinander.

96. Kieseliger Sand von quarzigen Felsen ist der häufigste, und wird gewöhnlich vorgezogen. Kalkiger Sand ist seltener, bildet aber von hartem Kalkstein kommend einen guten Mörtel. Einige thonige Sande haben die Eigenschaften geringerer Puzzolanen, und sind deßhalb werthvoll, da sie mit gewöhnlichem Kalke hydraulischen Mörtel geben.

97. Gegrabener Sand hat gewöhnlich ein rauheres, eckigeres Korn als Fluß- oder Seesand, und wird deßhalb zu Mörtel für Backstein- oder Bruchsteinmauer vorgezogen. Ob er einen stärkeren Mörtel bildet als der andere, ist nicht bestimmt, doch scheint es so zu seyn.

98. Fluß- und Seesand sind zuweilen weißer und von feinerem und gleichmäßigerem Korne, was ihn zum Bewurf sehr tauglich macht; der Sand von der Seeküste ist salzig, das Salz wird bei feuchter Luft feucht, und der Sand kann daher nur, nachdem er in süßem Wasser sorgfältig gewaschen wurde, gebraucht werden.

99. Der gegrabene Sand ist selten ganz frei von Thon und Erde; kommen diese in größerem Verhältnisse vor, so wird der Mörtel weich und schlecht. Erdiger Sand sollte daher vor dem Gebrauche gereinigt werden, d. h. in flachen Trögen gewaschen werden, aus welchen man das trübe Wasser mit dem darin schwebenden Thon, Erde und andern Unreinigkeiten ablaufen läßt.

100. Reiner Sand beschmutzt die Finger nicht, wenn man ihn zwischen diesen reibt.

101. Hydraulischer Mörtel wird mit natürlichem hydraulischem Kalke, mit künstlichem nach Vicat's Verfahren oder mit einer Mischung von gewöhnlichem Kalke mit natürlicher oder künstlicher Puzzolane zubereitet. Alle Schriftsteller sind aber darin einig, daß es besser sey, einen natürlichen hydraulischen Kalk statt eines künstlichen zu verwenden, wenn der erstere leicht anzuschaffen ist.

102. Ist der Kalk sehr hydraulisch, so soll man nach Vicat nur Sand mit ihm gebrauchen; General Treussart dagegen glaubt nach seinen Versuchen schließen zu müssen, daß der Mörtel von allen hydraulischen Kalken durch einen Zusatz von Puzzolane verbessert werde. Der erforderliche Sand beträgt 1 $^1/_4$ bis zweimal so viel als man dicken Kalkbrei hat, dem Volumen nach.

103. Für hydraulischen Mörtel aus gewöhnlichem, schwachem oder gutem hydraulischen Kalke und künstlicher Puzzolane soll nach Vicat die Puzzolane um so geringer seyn, je kräftiger der Kalk hydraulisch ist, so daß man

eine sehr kräftige Puzzolane mit einem fetten, oder geringen hydraulischen Kalke verwenden muß. Nach Treussart nimmt man ein Volum Sand auf ein Volum Puzzolane und ein Volum Kalkbrei.

104. Bei der Mischung muß man den Gegenstand im Auge haben, zu welchem der Mörtel verwendet werden soll. Soll er als Bindemittel bei Mauerwerk gebraucht werden, so ist es besser, der hydraulische Kalk ist im Ueberschuß vorhanden; zu Beton aber muß man nur die gerade nothwendige Menge Kalk nehmen. Ein Ueberschuß von gutem hydraulischem Kalke ist nie ein Fehler; ein Ueberschuß von gewöhnlichem Kalke verschlechtert aber den Mörtel.

105. Hydraulisches Cement ist wegen der Schnelligkeit, mit der es in der Luft wie im Wasser erhärtet, ein unschätzbares Material, wo diese Schnelligkeit nothwendig ist. Jede Zugabe von Sand verdirbt das Cement. Aber hydraulisches Cement kann mit entschiedenem Vortheile zu Luftmörtel, wie zu schwachem hydraulischem Mörtel gebracht werden. Auf diese Weise wird es allgemein bei öffentlichen Bauten in den Vereinigten Staaten verwendet. Die französischen Ingenieure geben einem guten hydraulischen Mörtel den Vorzug vor dem hydraulischen Cemente, beides zur Mauerung wie zum Bewurf. Sie behaupten, daß dieses als Bekleidung dem Wetter nicht widerstehe; daß es anschwelle und mit der Zeit abbröckle, und daß, wenn es in mehreren Schichten aufgetragen werde, diese sich von einander ablösen.

General Paisley stimmt damit nicht überein; er behauptet, daß zur Mauerung hydraulische Cemente, natürliche oder künstliche, jedem hydraulischen Kalke vorzuziehen seyen, daß man es aber nur in dünnen Lagen anwenden müsse, und daß es, als Stucco verwendet, auf einmal aufgetragen werden müsse, oder wenn je in zwei Lagen, so müsse die zweite aufgetragen werden, ehe die erstere anfange zu erhärten, so daß eigentlich beide Lagen nur eine bilden. Mit diesen Vorsichtsmaßregeln soll ein Stucco von hydraulischem Cemente und Sand dem Froste vollkommen widerstehen.

106. Mörtel der Witterung ausgesetzt. Die französischen Ingenieure stimmen darin überein, daß Mörtel aus fettem Kalke und kieseligem oder kalkigem Sande dem Einflusse der Witterung nicht widerstehe; und daß man, um einen guten Mörtel hierzu zu erhalten, entweder hydraulischen Kalk mit Sand oder aber gewöhnlichen Kalk mit einem geeigneten thonigen Sand oder mit Puzzolane und Sand anwenden muß.

107. Ein hydraulischer Kalk in geeignetem Verhältnisse mit reinem Sand gemischt, gibt einen guten Mörtel an der Luft; die Härte desselben hängt aber von der Größe des Korns ab, besonders bei hydraulischem Kalke; feiner Sand taugt am besten zu gutem hydraulischem Kalk, grober Sand zu fettem Kalk.

108. Die Menge Sand, welche der Kalk verträgt, scheint von der Art des Ablöschens abzuhängen. Vicat sagt, daß die Festigkeit des Mörtels aus einem steifen fetten Kalkbrei, der auf die gewöhnliche Weise gelöscht ist, zunimmt, wenn die Sandmenge von 0,50 bis zu 2,40 Volumtheile auf ein Theil Kalkbrei wächst; und daß bei Kalk, der durch Eintauchen gelöscht wurde, die Stärke des Mörtels zunimmt, wenn man von 0,50 bis zu 2,20 Theilen Sand steigt.

Auf einen Theil hydraulischen Kalkbrei kann man mit steigender Festigkeit des Mörtels 0 bis 1,80 Theile Sand nehmen, wenn der Kalk auf gewöhnliche Art gelöscht wurde; wurde er aber durch Eintauchen gelöscht, so darf man mit der Sandmenge nur bis zu 1,70 Theilen steigen. In allen Fällen fand man, daß die Festigkeit des Mörtels abnehme, wenn man über die hier genannten Mengen Sand hinausgehe.

109. Bereitung des Mörtels. Bei dem hydraulischen Mörtel, welcher unter Wasser gebraucht werden soll, hängt die Stärke des Mörtels mehr von der Art, wie der Kalk gelöscht und der Mörtel gemengt wurde, ab, als dieß bei dem der Witterung ausgesetzten Mörtel der Fall ist; in beiden Fällen ist aber die Zubereitungsart von solchem Einflusse, daß eine genauere Untersuchung dieses Gegenstandes geboten ist.

110. Die Resultate, welche man bei der gewöhnlichen Methode des Ablöschens, bei dem Ablöschen durch Begießen oder durch Eintauchen mit guten hydraulischen Kalken erhält, sind nahezu dieselben. Das freiwillige Ablöschen an der Luft gibt immer die schlechtesten Resultate. Für gewöhnlichen Kalk und für wenig hydraulische Kalke soll nach Vicat das freiwillige Ablöschen an der Luft den besten Mörtel, das gewöhnliche Ablöschen dagegen den schlechtesten geben.

111. Die Bestandtheile des Mörtels werden entweder durch Handarbeit oder durch Maschinerien untereinander geschafft. Das letzte gibt den besseren Mörtel. Die Maschinen hierzu sind entweder die gewöhnlichen Thonmühlen (Fig. 5.) der Ziegler oder eine Reibmühle (Fig. 6.). Die Reibmühle

Fig. 5. *)

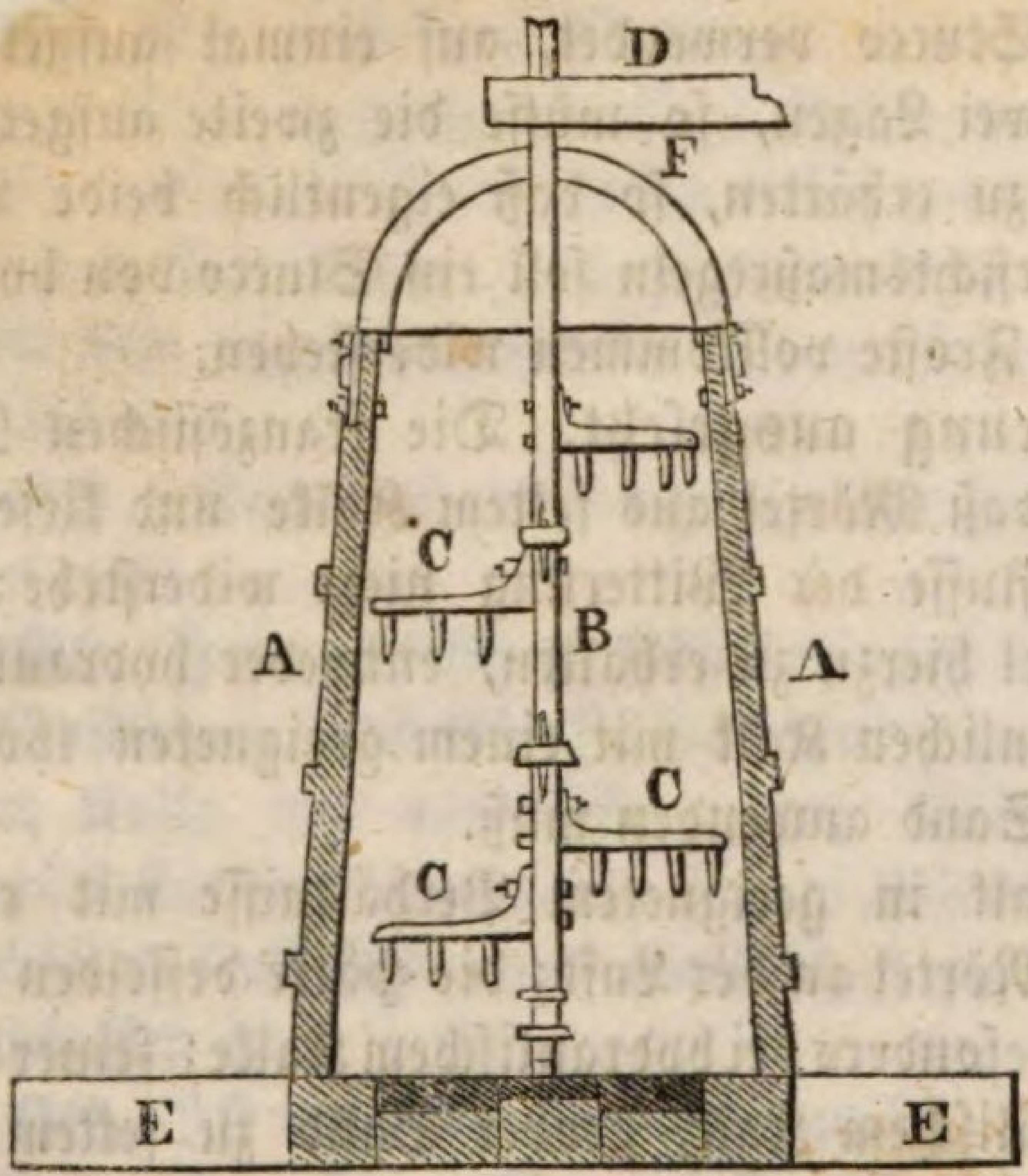
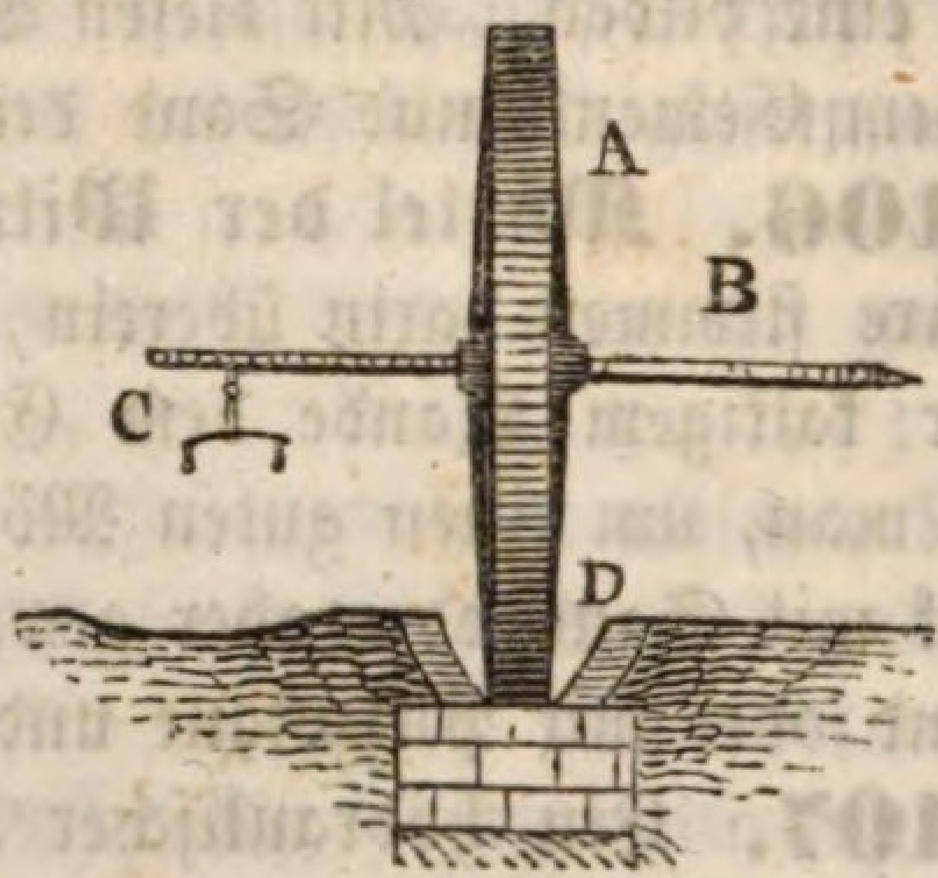


Fig. 6. **)



*) Fig. 5. ist ein Vertikalschnitt durch die Achse einer Mühle zum Mischen des Mörtels. Sie besteht aus einem mit Reifen gebundenen Fasse von conischer Form, in welches man die Bestandtheile des Mörtels bringt, und aus einer vertikalen Welle, welche Arme mit Zähnen, ähnlich einem Rechen, trägt, durch welche der Mörtel untereinander gearbeitet wird.
A, A die Wände des Fasses.
B die vertikale Welle mit den Armen C.
D Horizontaler Baum, welcher der Welle C die drehende Bewegung mittheilt.
E Holzschwellen, welche die Mühle tragen.
F schmiedeiserner Bogen, welcher den obern Theil der Welle hält.

**) Fig. 6. Zeigt einen Theil einer Mühle zum Zerreiben des Kalkes und Mischen des Mörtels.
A schweres Rad von Holz oder Gußeisen.

ist die bessere Maschine, weil sie nicht nur die Brocken zerkleinert, die man in dem bestgebrannten Kalke findet, wenn das Ablöschen anscheinend vollständig erfolgt ist, sondern auch einen gleichförmigen steifen Kalkbrei zur Aufnahme des Sandes bereitet. Sorge muß man tragen, nicht zu viel Wasser zuzubringen, besonders wenn der Mörtel unter Wasser gebracht werden soll. Die Mörtelmühle sollte deßhalb gegen Regen geschützt seyn. Man fährt das Mahlen fort bis man eine gleichförmige Masse von der Consistenz des plastischen Thons erhält. Hydraulischer Mörtel verdirbt, wenn er lange der Luft ausgesetzt ist, und häufig mit Spaten und Krücken gewendet wird; den Luftmörtel scheint dieß zu bessern. Mörtel, der ein bis zwei Tage bei Seite gestellt wurde, wird merklich fester; ist er nicht zu lange ungebraucht gestanden, so kann er seine thonartige Consistenz wieder erhalten, wenn man ihn einfach mit einem Schlägel zerstoßt, ohne frisches Wasser hinzuzuthun.

112. Festwerden und Dauer des Mörtels. Mörtel aus fettem Kalke ohne Beimengung einer Puzzolane wird an einem feuchten Orte, wie bei den Fundamenten eines Gebäudes, nur nach sehr langer Zeit fest. An trockner Luft findet dieß sehr bald Statt. Ist er an der Luft erhärtet, und kommt unter Wasser, so löst er sich mit der Zeit auf und fällt in Stücke.

113. Luftmörtel, der Zeit gehabt hat zu erhärten, widersteht dem Einflusse des Frostes sehr gut, wenn er einen Ueberschuß an Sand enthält. Der Sand sollte mehr als 2,40 Volumtheile auf einen Theil Kalkbrei betragen; grobkörniger Sand ist besser als feinkörniger.

114. Hydraulischer Mörtel wird in feuchter und trockner Luft gleich gut fest, und wenn er in der Luft erhärtet ist, so bleibt er im Wasser hart. Er widersteht ebenso gut dem Froste, wenn er nur zuvor erhärtet ist; aber wie der Luftmörtel verlangt er einen Ueberschuß an Sand, wenn er den Einwirkungen der Witterung gut widerstehen soll.

115. Hydraulischer Mörtel wird je nach den Eigenschaften des in ihm enthaltenen Kalkes oder der Puzzolane mehr oder weniger schnell fest. Künstliche hydraulische Mörtel mit einem Ueberschusse von Kalk werden viel langsamer fest als wenn der Kalk im richtigen Verhältnisse vorhanden ist.

116. Der schnell festwerdende Mörtel soll mit der Zeit weder die Festigkeit noch die Härte des langsam erhärtenden erhalten. Bei künstlichen hydraulischen Mörteln findet das Gegentheil statt.

117. Die Zeit, in welcher hydraulische Mörtel in Wasser ihre größte Festigkeit erlangen, kann nicht angegeben werden. Mörtel aus streng hydraulischem Kalke scheinen nach dem zweiten Jahre nach ihrer Bereitung unter Wasser nicht mehr merklich an Härte zuzunehmen, während die besten hydraulischen Mörtel noch im dritten Jahre merklich härter werden.

118. Theorie des Mörtels *). Luftmörtel erhärtet äußerlich schnell

---

B horizontaler Baum durch das Rad, welcher am einen Ende in einer vertikalen Welle befestigt ist, an dessen anderes Ende C ein Pferd angespannt werden kann.

D ein kreisförmiger Graben, mit trapezförmigem Querschnitte, in welchen die Bestandtheile des Mörtels gebracht werden. Dieser Graben kann 20 bis 30 Fuß Durchmesser erhalten, ungefähr anderthalb Fuß Weite oben und 1 Fuß Tiefe. Er ist aus harten Steinen erbaut.

*) Ich weiche hier vom Original ab, und gebe die Theorie wie sie sich nach deutschen Untersuchungen festgestellt hat. Der Bearb.

durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft, welche aus dem Kalkwasser den Kalk krystallinisch wie in den Stalaktiten niederschlägt. Von dieser äußerlich gebildeten Kruste schreitet die Kohlensäure äußerst langsam in das Innere fort, wie schon in Nro. 68. nachgewiesen wurde. Das Wasser des Kalkbreis verdunstet allmählig und aus dem Kalkwasser bilden sich im Innern der Mörtelmasse nach und nach kleine Kalkkrystalle, welche den ungelösten Kalk theils unter sich, theils mit dem beigemengten Sande verbinden, und so das langsam fortschreitende Zunehmen der Festigkeit des Mörtels bedingen. Der eingemengte Sand dient hauptsächlich zur Verhütung des Schwindens und Reißens des Kalkes bei dem Trocknen, und durch die Unterbrechung der Kalkmasse zur Beförderung dieses Trocknens selbst. Bei kieseligem Sande hat aber Petzholdt noch insbesondere nachgewiesen, daß er langsam fortschreitend mit dem Kalke in Verbindung zu einem festen Kalksilicate tritt, welches dann wesentlich zur Festigkeit des Kalkes beiträgt. Diese Bildung scheint sich selbst noch mehr als 100 Jahre nach Bereitung des Mörtels fortzusetzen, woraus sich die Festigkeit der Mörtel an alten Bauten erklärt.

Das erste Erhärten wird also der Kohlensäure der Luft zugeschrieben werden müssen; das Austrocknen und die Bildung von Kalksilicat sind die Ursachen des langsam fortschreitenden Härterwerdens des Luftmörtels.

119. Das Erhärten des hydraulischen Mörtels beruht lediglich auf dem Erhärten des hydraulischen Kalkes, das schon in Nro. 90. betrachtet wurde. Der beigemengte Sand, der zuweilen aber auch gar nicht vorkommt, soll nur das Schwinden und Reißen verhüten, auch den Mörtel wohlfeiler machen. Bei einem Ueberschusse von Kalk wird kieseliger Sand langsam ein Kalksilicat bilden, wodurch ein langsames Härterwerden des Mörtels sich ergibt. Damit scheinen sich auch die Widersprüche der Nro. 115, 116 und 117 zu heben.

120. **Concrete** nennen die englischen Ingenieure einen Mörtel aus fein gepulvertem gebranntem Kalke, Sand und Kieseln. Diese Körper werden zuerst in trocknem Zustande gemengt, das hinreichende Wasser dazu gebracht, um dem Gemenge die Consistenz des gewöhnlichen Mörtels zu geben, und nun wird die Masse schnell durcheinander gearbeitet, und sogleich, noch heiß verwendet.

121. Die Materialien hierzu werden in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt. Nach den am meisten gebrauchten werden Kalk und Sand im Verhältnisse von gutem Mörtel gebraucht und dazu das zweifache Volum des Sandes an Kieseln genommen. Der gebrauchte Grus soll rein seyn, und jedes Stück, das größer als ein Ei ist, sollte vor der Mengung der Materialien zerschlagen werden.

122. Heißes Wasser bringt die Masse zu schnellerem Erhärten; ein anderer Vortheil wurde durch seine Anwendung nicht erlangt.

123. Das Volum einer Masse dieser Concrete wird vor der Bereitung um $^1/_5$ kleiner als das der drei Materialien. Durch das Löschen des Kalkes dehnt sich die Masse aber um $^1/_{32}$ aus.

124. Der Gebrauch des Concrete ist jetzt meist darauf beschränkt, in schlechtem Baugrunde für die Gründung der Gebäude einen festen Boden

herzustellen. Früher wurde es gebraucht, um künstliche Steine für Mauern zu bilden, allein diese haben weder die Festigkeit noch die Dauerhaftigkeit gezeigt, welche man von wichtigeren Bauten, welche dem Wetter und dem Wasser ausgesetzt sind, verlangt.

125. Beton. Dieser Name wird von französischen Ingenieuren für jede Mischung von hydraulischem Mörtel mit Bruchstücken von Back= und andern Steinen oder mit Geröllen gebraucht; er wird jetzt in gleicher Weise in Deutschland und in England angewendet.

126. Die Verhältnisse der Bestandtheile werden sehr verschieden angegeben. Der einzige Zweck der Gerölle und Bruchsteine ist, ein wohlfeileres Material zu erhalten, als hydraulischer Mörtel für sich wäre; man wird also soviel von jenen nehmen als der hydraulische Mörtel noch vollständig bindet. Die kleinste Menge Mörtel, welche man also bedarf, ist gleich an Volum den leeren Zwischenräumen in einem gegebenen Haufen Bruchsteinen oder Geröllen. Dieß kann man finden, wenn man mit diesen Bruchsteinen oder Kieseln ein Gefäß von bekanntem Inhalte füllt, und dann sieht, wieviel Wasser man zugießen kann. Das Volum dieses Wassers ist zugleich das Volum der leeren Räume.

127. Beton, der mit der Menge Mörtel bereitet wurde, wie sie durch den eben angegebenen Versuch bestimmt wird, gab genügende Resultate; um aber jeden Fehler, der aus unvollständigem Durcheinander=Arbeiten entstehen könnte, zu umgehen, nimmt man einen kleinen Ueberschuß an Mörtel.

Der beste und wohlfeilste Beton wird aus Bruchstücken von Steinen in der Größe der Hühnereier gemischt mit gröberem und kleinerem Gruse bereitet.

128. Um sich Beton zu verschaffen, wird unter den fertigen Mörtel zuerst der feinere Grus gearbeitet, und das Gemenge in eine Schichte von 4 bis 6 Zoll Dicke ausgebreitet, worauf man die gröberen Kiesel und die Bruchsteine gleichmäßig verbreitet, niederdrückt und das Ganze endlich mit der Schaufel und Krücke möglichst gleichartig zu schaffen sucht. Beton wird ebenso gebraucht wie Concrete, welchem es in jeder Beziehung vorzuziehen ist, besonders aber zu Gründungen und an feuchten Orten.

129. Adhäsion des Mörtels. Die Kraft, mit welcher Mörtel an andern Körpern haftet, hängt von der Natur dieser Körper, ihrem Gefüge und dem Zustand der Oberfläche, mit welcher der Mörtel in Berührung steht, ab.

130. Der Mörtel adhärirt am meisten an Backstein und am wenigsten an Holz unter allen Baumaterialien. Unter den Steinen haftet er im Allgemeinen am besten an Kalksteinen, am wenigsten an Basalt und Sandsteinen (?). Unter den Steinen derselben Art hängt er mehr an die porösen und grobkörnigen, als an die dichten und feinkörnigen; und ebenso haftet er mehr an den rauhen als an den glatten Oberflächen.

131. Nach den Versuchen von Rondelet scheint eine Kraft von 15 bis 30 Pfund auf den Quadratzoll hinzureichen, um sechs Monate alten Mörtel von der Verbindungsfläche abzureißen; dagegen nur fünf Pfund um den Mörtel über die Verbindungsfläche hinzuschieben. Aus den Versuchen des Obrist Pasley schließt dieser, daß vollkommen erhärteter hydraulischer Cementstein durch eine Kraft von 125 Pfund auf den Quadratzoll von seiner

Verbindungsfläche abgerissen werde; daß aber bei großen Fugen die Erhärtung im Innern noch nicht stattgefunden habe, wenn dieß außen schon der Fall ist, und daß man für diesen Fall nur 30 bis 40 Pfund auf den Quadratzoll rechnen dürfe.

Stein-Kitte.

132. Der Ausdruck Kitt wird allgemein für Verbindungen von bituminösen und harzigen Substanzen mit andern gebraucht. Sie werden entweder als Bindemittel für andere Körper oder als Bekleidung gegen den Angriff des Wassers gebraucht.

133. Bituminöser Steinkitt. Asphalt. Die Kenntniß dieses Materials datirt sich von einer frühen Zeit her; aber erst in der neueren Zeit ist es in allgemeineren Gebrauch gekommen. Die gebräuchlichste Form, in der es jetzt gebraucht wi ist eine Mischung aus Mineraltheer mit bituminösem Kalkstein.

134. Diese beiden Körper werden hauptsächlich aus einigen Gegenden der Schweiz und Frankreich auf den Markt gebracht, die bekanntesten sind Val de Travers in der Schweiz, und Seyssel und Lobsann in Frankreich.

135. Der Mineraltheer wird durch Auskochen eines Molassesandsteines, der von dem Theere stark durchdrungen ist, in Wasser gewonnen. Der Theer steigt an die Oberfläche des Wassers oder haftet an den Wänden des Kessels, und der Sand bleibt auf dem Boden. Ein reicher Sandstein von Seyssel enthielt

Bitumen . . .	0,106
Quarzkörner . . .	0,690
Kalkkörner . . .	0,204
	1,000

136. Der bituminöse Kalkstein, welcher mit dem Mineraltheer gemengt wird, gehört der tertiären Formation an, und enthält drei bis fünfzehn Procent Bitumen nebst Thon und andern Beimengungen.

137. Der sogenannte Asphalt wird aus diesen beiden Substanzen bereitet, wozu man den Mineraltheer in Kesseln von Gußeisen oder Eisenblech erhitzt und den gepulverten Kalkstein in richtigem Verhältnisse darunter mengt. Dieses Geschäft, obgleich sehr einfach, verlangt doch viele Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit von Seiten des Arbeiters, weil der Kitt bei zu niedriger und bei zu hoher Temperatur schlecht wird. Am besten scheint es zu seyn, ein lebhaftes Feuer anzuwenden, bis der Theer anfängt, weiße Dämpfe auszustoßen. Das Feuer wird dann gemäßigt und gleichförmig erhalten, während man das Pulver nach und nach einbringt und mit dem Theere durch gutes Unter-einander-Arbeiten tüchtig mischt. Ist die Temperatur zu hoch gestiegen, so gibt die heiße Masse gelbliche oder bräunliche Dämpfe; dann muß die Masse stark bewegt und schnell vom Feuer entfernt werden.

138. Der Asphaltstein wird entweder durch Rösten oder durch Zerreiben gepulvert. Zum Rösten zerschlägt man ihn zuerst in Stücke von der Größe eines Hühnereies. Diese bringt man in einen eisernen Kessel, erhitzt und zerstoßt die Stücke mit einer eisernen Stange. Dieses Verfahren ist

weniger ökonomisch als das Zerreiben, weil ein Theil des Theers verdampft, und überdieß wird der Theer leicht durch zu starkes Erhitzen verdorben. Zum Zerreiben zerschlägt man ebenfalls die Steine wie beim Rösten, und bringt diese Stücke in eine gewöhnliche Mörtelmühle, wo man die Masse oft umrühren muß, damit sie sich nicht ballt. Trockenkaltes Wetter befördert das Zerreiben; die Steine dürfen aber dem Wetter nicht ausgesetzt werden.

139. Bei dem verschiedenen Gehalte des Steines an Mineraltheer kann das Verhältniß, in welchem man Stein und Theer mischen muß, nur durch Versuche bestimmt werden. Man sagt, drei oder vier Procente Theer zu viel verminderten die Haltbarkeit und die Festigkeit des Theers, während ein zu geringes Maaß von Theer ebenfalls verwerflich sey. Im Allgemeinen geben acht bis zehn Procent Theer dem Gewichte nach ein brauchbares Resultat.

140. Man hat auch Steinkitte bereitet aus vegetabilischem Theer, Pech und andern harzigen Substanzen mit Bleiglätte, Ziegelmehl, Kalksteinpulver u. dgl., aber die erhaltenen Produkte waren minder werth als der Asphalt.

141. Mineraltheer ist haltbarer als der vegetabilische. Man hat ihn auch allein als Anstrich gebraucht, aber nicht mit demselben Erfolge als den obigen Steinkitt (Asphalt). Der Mineraltheer wird nach und nach trocken und schält sich ab, was bei dem Asphalte nicht so vorkommt.

142. Der Gebrauch des Asphaltes hat in neuerer Zeit sehr zugenommen. Er wird zum Pflastern auf verschiedene Weise gebraucht; entweder als Kitt, um größere Steine zu verbinden, oder als Bindemittel für Kies, welche wie beim Beton in ihn gebracht werden; er ist einer der besten Anstriche für Zisternen, Keller, die Bedeckungen von Gewölben, Terrassen und flacher Dächer, wie sie jetzt gebräuchlich sind; endlich ist er ein gutes Schutzmittel für Holz, das dem Einflusse der Witterung oder von Dämpfen ausgesetzt ist.

Leime.

143. Der gewöhnliche Leim wird selten wo anders als Bindemittel gebraucht, denn bei der Arbeit des Schreiners. Obwohl von großer Festigkeit wird er doch durch Feuchtigkeit bald weich und unbrauchbar.

144. Vor wenigen Jahren hat ein Material, das von seinem Erfinder Jeffery Seeleim (marine glue) genannt wurde, die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, das ein sehr gutes Bindemittel beides für Steine wie für Holz seyn soll. Diese Composition soll dadurch gewonnen werden, daß man ein Kilogramm Kautschuck in 50 Liter Schwefelkohlenstoff auflöst und zu dieser Lösung ein gleiches Gewicht Schellack bringt, die Mischung erwärmt und durch Umrühren gleichförmig macht.

145. Bei der Unlöslichkeit dieses Produktes in Wasser, seiner merkwürdigen Festigkeit und Adhäsion und bei seiner Beständigkeit in einer langen Reihe von Temperaturen, bei denen er weder sehr weich noch spröde wird, verspricht der Seeleim nicht allein für die Schiffleute, sondern auch für den Civil-Ingenieur ein wichtiger Gegenstand zu werden.

Backsteine.

146. Dieser Name bezeichnet künstliche Steine, welche aus gewöhnlichem Thone nach gehöriger Verarbeitung gebrannt sind.

147. Backsteine werden beinahe zu allen Zwecken gebraucht, zu denen auch die natürlichen Steine dienen; wenn sie gut gebrannt sind, ist ihre Festigkeit, Härte und Haltbarkeit nur wenig geringer als bei den gewöhnlicheren Arten von Bausteinen. Sie bleiben unverändert bei den äußersten Temperaturen, widerstehen dem Einflusse des Wassers, binden gut und schnell mit Mörtel, und sind, da sie beides wohlfeiler (an manchen Orten) und leichter als Steine sind, zu manchen Constructionen sogar vorzuziehen, wie zu Bögen, Mauern der Wohnhäuser u. dgl.

148. Die Kunst des Backsteinbrennens bildet ein besonderes Gewerbe, und berührt insofern den Ingenieur nicht; allein da dieser häufig in der Lage ist, sich selbst Backsteine verschaffen zu müssen, so mag die folgende Skizze des Verfahrens dienlich seyn.

149. Die beste Backsteinerde ist reiner Thon mit Sand, in dem alle Steine fehlen, besonders aber diejenigen, welche Kalk oder Schwefelmetalle enthalten, da diese Beimengungen in größerer Menge als Flußmittel wirken, die Form des Backsteins verziehen und ihn durch Höhlungen und Sprünge schwächen. In kleinen Mengen, gleichförmig durch die ganze Masse vertheilt, befördern sie die Verglasung und machen diese mehr gleichförmig.

150. Gute Backsteinerde wird oft unmittelbar gefunden, so daß sie keine weitere Behandlung bedarf. Muß dagegen Thon und Sand erst gemengt werden, so müssen Proben über das richtige Verhältniß belehren. Ist der Thon im Ueberschuß, so schwindet und wirft sich der Backstein in der Hitze und bekommt Sprünge; mit zu viel Sand erfolgt gänzliche Verglasung unter denselben Umständen.

151. Die Qualität des Backsteins hängt ebenso sehr von der Sorgfalt ab, die auf seine Bereitung verwendet wird, wie von der Art der Erde. Das erste, was geschieht, ist die Reinigung des Thons von Steinen, wozu man ihn meistens frühe im Herbste ausgräbt und ihn in kleinen Haufen der Witterung während des Winters aussetzt. Im Frühlinge werden die Haufen, wenn nothwendig, durch ein grobes Sieb geworfen, und die Erde ist nun fertig zum Kneten und Anmachen. Die Wassermenge hierzu hängt von der Art der Erde ab; man soll nicht mehr nehmen als hinreicht, die Erde so bildsam zu machen, daß sie leicht von dem Arbeiter geformt werden kann. Ungefähr ein halber Kubikfuß Wasser auf einen Kubikfuß Erde ist in den meisten Fällen das rechte Maaß. Nimmt man zuviel Wasser, so trocknet der Stein nicht nur sehr langsam aus, sondern er bekommt auch leicht Risse, weil die Oberfläche getrocknet ist, wenn das Innere noch feucht ist; die Folge davon ist, daß der Stein nach dem Brennen entweder ganz unbrauchbar oder doch sehr gering ist.

152. Das Formen der Backsteine durch Maschinen kommt immer allgemeiner in Gebrauch; es ist der Handarbeit vorzuziehen, weil man dichtere Backsteine erhält, welche größere Festigkeit haben.

153. Das Trocknen der Steine vor dem Brennen muß sehr sorgfältig geschehen. Die Steine sollen hierzu an einem trocknen Orte aufgestellt werden, wo sie weder von der Sonne noch von dem Winde direkt getroffen werden, und die Feuchtigkeit langsam und von der ganzen Oberfläche gleichmä-

ßig verdünstet. Ohne diese Vorsicht würden die Steine reißen, weil sie ungleich austrocknen und dadurch ungleich schwinden.

154. Ebenso sorgfältig muß das Brennen und Abkühlen geleitet werden. Während ungefähr 24 Stunden muß sehr langsam angefeuert werden, um zuerst jeden Rest von Feuchtigkeit aus den rohen Steinen zu treiben; daß dieß geschehen ist, erkennt man an der Farbe des Rauchs. Hierauf wird das Feuer verstärkt, bis die Bogen über der Feuerstelle hellroth glühen, worauf man das Feuer vermindert, um die Verglasung zu verhüten; und so wird das Feuer abwechselnd verstärkt und geschwächt, bis der Brand vollständig ist, was man an Probstücken aus dem obern Ende des Ofens erkennt. Das Abkühlen muß wieder sehr langsam geschehen; sonst widerstehen die Steine der Witterung nicht. Es werden hierzu alle Oeffnungen des Ofens mit gebrannten Steinen und feuchtem Thone verschlossen, und der Ofen so stehen gelassen, bis die Wärme hinreichend abgenommen hat.

155. Backstein von guter Art hat ein feines, dichtes und gleichförmiges Gefüge auf dem Bruche; er gibt einen hell klingenden Ton, wenn er angeschlagen wird und hat eine kirschrothe oder bräunliche Farbe. Dreierlei Arten findet man in dem Ofen; die, welche dem Feuer zunächst lagen, sind durchweg verglast und haben graues Ansehen erhalten; sie sind sehr hart, aber spröde, von geringerer Festigkeit und binden den Mörtel schlecht. Die Backsteine aus dem Innern des Ofens sind die besten; die von dem obern Ende des Ofens und aus der Nähe der Wände sind gewöhnlich unvollkommen gebrannt; sie haben weder die Festigkeit noch die Dauer für schwere Mauern oder für die Außenseite der Mauern, welche der Witterung ausgesetzt ist.

156. Man kann gute Backsteine noch verbessern, wenn man sie einige Tage in Wasser legt und sie dann nochmals brennt. Dieses Verfahren gibt dem Steine mehr Festigkeit und mehr Dauer und macht ihn brauchbarer für Wasserbauten, da er jetzt Wasser nicht mehr so leicht auffaugt.

157. Die Backsteine haben meistens dieselbe Größe und Form; sie sind rechtwinkliche Parallelepipede von acht bis neun Zoll Länge, 4 bis $4^1/_2$ Zoll Breite und 2 bis $2^1/_4$ Zoll Dicke. Doch hat man zu besondern Zwecken auch andere Größen und andere Formen. Dünne Backsteine sind in der Regel die bessern, da sie besser austrocknen und gleichförmiger gebrannt werden können.

158. **Feuerfeste Backsteine** werden zum Erbauen von Oefen und Essen gebraucht, wo sie einem sehr hohen Temperaturgrade zu widerstehen haben. Sie werden aus sehr reinem Thon geformt, welcher bei Temperaturen, in welchen die gewöhnlichen Backsteine längst geschmolzen sind, noch unverändert bleibt. Eine sehr merkwürdige Art dieser Steine wird aus Steinmark (agaric mineral) gefertigt; diese Art bleibt bei der höchsten Temperatur unverändert, bildet einen der schlechtesten Wärmeleiter und ist so leicht, daß sie auf Wasser schwimmt.

159. **Ziegel.** Zum Dachdecken sind die Ziegel in mancher Beziehung dem Schiefer oder den metallischen Deckungen vorzuziehen. Sie sind fest und dauerhaft und sind zur Bedeckung der Gewölbe ganz passend, da hier ihr Gewicht nicht so schädlich ist als bei den Dächern aus Holzwerk.

Ziegel müssen aus dem besten Häfnerthon gebrannt und so geformt wer-

den, daß sie die größte Dichte und Festigkeit erhalten. Sie haben sehr verschiedene Größen und Formen bekommen; die schlechteste ist das platte Quadrat, welche, da sich der Thon beim Brennen leicht wirft, keine wasserdichte Bedeckung geben. [Sehr praktisch und gut deckend sind diejenigen, welche neuerdings von Beck in Stuttgart verfertigt werden; sie haben auf ihrer Oberfläche Erhöhungen, welche genau in Kerben auf der Unterseite passen und ganz gut mit Mörtel verbunden werden können.]

Holz.

160. Dieses Material ist nächst den Steinen das wichtigste durch seine Dauer, Festigkeit und allgemeine Brauchbarkeit. Für den Gebrauch des Ingenieurs wird das Holz gefällt, sobald es ausgewachsen ist, und der Stamm, die größeren Aeste und die größeren Theile der Wurzeln nach passenden Dimensionen verschnitten, worauf man es an der Luft austrocknen läßt; dieß ist dann Bauholz. Das gekrümmte Bauholz der Aeste und Wurzeln wird meistens beim Schiffbau zu den Kniestücken des Gerippes verwendet. Die Stämme liefern gerade Baustücke.

161. Der Stamm eines Baumes besteht aus drei verschiedenen Theilen: der Rinde, welche die äußere Bekleidung bildet; dem Splinte zunächst unter der Rinde; und dem Kerne, welcher leicht von dem Splinte durch die größere Härte und dunklere Farbe unterschieden wird.

162. Der Kern bildet beim Bauholze den wesentlichen Theil des Stammes. Der Splint hat wenig Festigkeit und ist durch die große Menge gährungsfähigen Saftes, den er enthält, schneller Zerstörung ausgesetzt; die Rinde hat keine Festigkeit und befördert das Verderben des Splintes und des Kerns, wenn sie auf dem gefällten Holze bleibt.

163. Bäume sollte man zu Bauholz nicht eher fällen, als bis sie ausgewachsen sind und ehe sie Zeichen von Abnahme geben; wenn nicht, so erhält man ein weniger festes und weniger haltbares Bauholz. Die meisten Waldbäume erhalten ihre Reife zwischen dem 50sten und 100sten Jahre, und fangen mit 150 bis 200 Jahren an abzustehen. Das Alter eines Baumes schätzt man entweder nach seinem äußeren Ansehen, oder man zählt auf dem durchschnittenen Stamme die Ringe, von denen sich jedes Jahr einer bildet. Fängt der Baum an abzustehen, so zeigt sich dieses an dem Gipfel und den Enden der ältesten Aeste zuerst.

164. Man soll die Bäume nicht fällen, wenn der Saft im Umlauf ist, da der Saft leicht gährt und damit das Verderben des Holzes einleitet. Die Wintermonate und der Juli sind die Jahreszeiten, in welchen Bauholz gefällt wird; in ihnen ruht der Saft. Einige Schriftsteller behaupten dagegen, daß im Sommer und im Herbste der Saft am wenigsten thätig sey, und daß man die Bäume deßhalb in diesen Zeiten fällen solle.

165. Der Splint bildet bei den meisten Bäumen einen großen Theil des Stammes; man hat daher versucht, die Festigkeit und die Dauer desselben zu vermehren. Die eine der gebrauchten Methoden besteht darin, daß man mit einem Beile einen Einschnitt rings um den Baum durch den ganzen Splint macht, und dann den Baum, ohne ihn zu fällen, stehen läßt, bis

er abgestorben ist. Die andere Methode besteht im Abschälen des ganzen Stammes ohne den Splint zu verwunden, was beim Beginn des Frühjahrs geschieht, worauf man den Baum, ohne ihn zu fällen, stehen läßt, bis die Blätter hervorgetrieben und abgefallen sind. Der Splint der Bäume wurde bei beiden Methoden viel härter, fester und dauerhafter gefunden, nach der zweiten Methode aber mehr noch als nach der ersten.

166. Das Austrocknen des Bauholzes ist von der größten Wichtigkeit für die Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit der Construction, zu der es verwendet wird, da schon ein kleines Schwinden, durch Austrocknen des Holzes, in manchen Fällen ein wesentlicher Fehler ist, vielleicht den völligen Zerfall der Construction nach sich zieht.

Bauholz wird für hinreichend ausgetrocknet zu Zimmerwerk gehalten, wenn es ungefähr $^1/_5$ seines Gewichtes im grünen Zustande verloren hat. Das Austrocknen geschieht auf verschiedene Weise, entweder setzt man das Holz längere Zeit bedeckt der Luft aus, oder man legt das Holz in Wasser oder endlich man laugt dasselbe durch siedendes Wasser oder Dampf aus.

167. Für das natürliche Austrocknen wird gewöhnlich vorgeschrieben, den Stamm von Aesten und Rinde sogleich nach dem Fällen zu entblößen und ihn an einem trocknen Orte liegen zu lassen, bis er in brauchbare Stücke zerschnitten werden kann. Nach den Versuchen von Boucherie scheint es besser, die Aeste und die Rinde einige Tage nach dem Fällen auf dem Stamme zu lassen. In diesem Zustande geht der Lebensproceß des Baums noch fort, die Saftgefäße stoßen den Saft nach und nach aus und füllen sich mit Luft, wodurch der Stamm besser zum Austrocknen vorbereitet wird. Um das Austrocknen zu vollenden, wird das zerschnittene Holz unter Trockenschoppen aufgesetzt, wo die Luft frei um dasselbe circuliren kann, das Holz aber gegen die Einwirkungen der Sonne, des Windes und des Regens geschützt ist. Bei dieser Vorsicht wird das Holz gleichmäßig austrocknen, ohne zu reißen oder sich zu werfen, welches nicht ausbleibt, wenn ein Theil schneller trocknet als der andere. Es wird ferner empfohlen, das Holz statt es horizontal über einander zu legen, auf geeigneten gußeisernen Unterlagen zu neigen, was das Austreten des Saftes erleichtern soll; auch hat man vorgeschlagen, rundes Holz in der Mitte zu durchbohren.

Das Austrocknen an der Luft ist jeder anderen Art vorzuziehen; Holz auf diese Art getrocknet ist fester und dauerhafter als bei dem Auslaugen. Die meisten Stämme verlangen, auf diese Weise behandelt, ungefähr zwei Jahre zum vollständigen Austrockuen.

168. Das Verfahren, Holz im Wasser auszulaugen, ist schlecht und unvollkommen, da es Jahre braucht, bis das Wasser dichtes Holz durchdringt, und die löslichen Stoffe nur langsam entfernt werden. Der Brauch, Bauholz in's Wasser zu legen, um das Austrocknen zu befördern, ist als von sehr zweifelhaftem Nutzen verlassen worden; bei Meerwasser taugt sie gar nicht, weil das Holz den sehr zerstörenden Angriffen zweier Bewohner unserer Wasser, der **Limnoria terebrans** und der **Teredo navalis** ausgesetzt ist. Die erste bohrt sich rasch zwischen den Jahresringen ein, und zerstört so in Kürze

den stärksten Stamm, die zweite ist der bekannte Schiffwurm, der durch zahllose Durchbohrungen dem Bauholze das Ansehen des Honigwabens gibt.

169. Auslaugen durch Dampf wird beim Schiffbau am meisten angewendet, wo es nothwendig ist, die Fasern zu erweichen, um große Stücke Bauholz zu krümmen. Hierzu wird das Holz in einen starken dampfdichten Cylinder gebracht, wo es lange genug der Einwirkung des Dampfes ausgesetzt wird; gewöhnlich eine Stunde für jeden Zoll Dicke. Das Dämpfen vermindert etwas die Festigkeit des Holzes, aber macht es weniger zerstörbar durch Faulen, und weniger geneigt, sich zu werfen oder zu reißen.

170. Pfosten, welche theilweise eingegraben werden, verkohlt man an dem in die Erde kommenden Theile, um sie vor Fäulniß zu schützen. Dieses Verfahren ist aber nur bei gut ausgetrocknetem Holze vortheilhaft, bei grünem werden die Poren an der Oberfläche geschlossen, der Saft kann nicht austreten und gährt im Innern, was schnelles Faulen herbeiführt.

171. Das dauerhafteste Bauholz erhält man von Bäumen mit gedrängtem dichtem Gefüge, welche bei der Analyse die meiste Kohle geben; und die Bäume aus feuchten und schattigen Lagen liefern weicheres und weniger dauerhaftes Holz als Bäume, die in offener und trockner Lage wachsen.

172. Bauholz kann Fehler haben, welche von dem Wuchse der Bäume oder von den Einwirkungen des Klimas herrühren. Geradfaseriges Holz, frei von Astknoten, ist fester als anderes.

173. Die Wirkung starker Winde und strenger Kälte verdirbt den Baum so lange er steht; die ersten trennen die Fasern und geben zur Kernschäle den ersten Anlaß; die letzte reißt den Baum von außen gegen die Achse auf. Diese Fehler, wie die, welche von Würmern oder dem Alter herrühren, erkennt man leicht bei der Betrachtung eines Querschnittes des Baums.

174. Die nasse und die trockne Fäulniß sind die wichtigsten Ursachen der Abnahme des Bauholzes; und alle Mittel, welche man vorgeschlagen hat, derselben zu begegnen, sind zu kostspielig, um von allgemeiner Anwendbarkeit zu seyn. Beides die nasse Fäulniß wie die Vermoderung haben denselben Anfang; Gährung des Saftes. Die nasse Fäulniß kommt bei Holz vor, das abwechselnd feucht und trocken wird; die Vermoderung, das Ersticken des Holzes erfolgt bei Mangel der freien Circulation der Luft, wie in geschlossenen, warmen Lokalitäten, z. B. Kellern.

Bäume von schnellem Wuchse mit einer dicken Lage Splint, und alles grün verwendete Bauholz ist bei Mangel an freier Luftcirculation der Fäulniß sehr schnell unterworfen.

175. Zahllose Versuche hat man angestellt, um Bauholz vor dem Verderben zu schützen und gar manches Verfahren ist in Europa und in Amerika hierzu patentisirt worden. Mehrere haben ganz genügende Resultate gegeben und nahezu alle haben sich mehr oder weniger wirksam gezeigt. Die am meisten versuchten Mittel sind die Sättigung des Holzes mit der Auflösung eines Salzes von metallischer oder erdiger Basis, welches mit der löslichen Materie des Holzes einen unlöslichen Körper bildet. Diese Salze waren besonders Eisen oder Kupfervitriol, und die Chloride von Quecksilber (Sublimat), Zink oder Kalk. Die Chlorverbindungen haben besser entspro-

chen als die Vitriole; diese besitzen unbezweifelt fäulnißwidrige Eigenschaften, allein die durch die Einwirkung des Salzes auf das Holz frei werdende Schwefelsäure greift die Holzfaser an und verkohlt diese theilweise.

176. Die am meisten in Aufnahme gekommenen Verfahren sind die von Kyan und von W. Burnett, welche hiernach Kyanisiren und Burnettisiren heißen. Nach Kyan wird das Holz mit einer Auflösung von Sublimat gesättigt; er nimmt für die Lösung ein Kilogramm Salz auf fünfzig Liter Wasser. Burnett wendet eine Auflösung von Zinkchlorid, ein Kilogramm auf hundert Liter Wasser, für gewöhnliche Zwecke an; eine concentrirtere Lösung wird gebraucht, wenn das Holz unverbrennlich werden soll.

177. Das Holz saugt freiwillig die Lösung sehr langsam ein; schneller und besser kommt man zum Ziele, wenn man das Holz in einen schmiedeisernen Cylinder bringt, der gegen den Angriff des Salzes mit Dielen und Filz ausgekleidet ist, aus welchem man zuerst die Luft aussaugt und dann mit einer starken Pumpe die Lösung in das Holz preßt, welche nun alle Gefäße ausfüllt und bis in der Mitte eindringt.

178. Unter den patentisirten Verfahren in Amerika ist das von Earle am bekanntesten geworden. Er kocht das Holz in einer Auflösung von Kupfer und Eisenvitriol. Die Meinungen über die Wirksamkeit dieses Verfahrens sind getheilt. Es wurde zur Erhaltung des Holzes an Artilleriefuhrwerken angewendet, aber ohne genügende Resultate zu geben.

179. Boucherie hat die Langsamkeit bemerkt, mit welcher Holz wässerige Auflösungen aufnimmt, in welche es getaucht ist, und hat den geistreichen Gedanken gehabt, die Lebenskraft des Baumes selbst zur Durchdringung aller Gefäße des Stamms, in welchen noch Leben ist, zu gebrauchen. Hierzu stellte er zuerst das dicke Ende eines frisch gefällten Baumes in eine Flüssigkeit, und fand nach wenigen Tagen diese Flüssigkeit durch das Leben des Baums in alle Theile gebracht. Da er aber Bäume von einiger Größe nach dem Fällen beschwerlich zu handhaben fand, so suchte er sie vor dem Fällen zu sättigen; hierzu bohrte er ein großes Loch durch den Stamm und machte einen Sägenschnitt von diesem Loche auswärts nach jeder Seite bis auf wenige Zolle nach außen, welche als hinreichend betrachtet wurden, den Baum zu tragen. Ein Ende des Bohrloches wurde wie das äußere des Sägenschnittes verstopft, und die Flüssigkeit wurde durch das offene Ende des Bohrloches und durch eine Röhre zugeführt. Dieses Verfahren zeigte sich ebenso wirksam wie das erste, und bequemer.

180. Nachdem er verschiedene Neutralsalze angewendet hat, kam Boucherie darauf, das unreine wohlfeile holzsaure Eisen zu probiren, und die Resultate, welche sich hierbei ergaben, waren sehr befriedigend. Ein Fünfzigtheil von dem Gewichte des grünen Holzes an holzsaurem Eisen wurde als hinreichend gefunden, nicht allein das Holz vor Fäulniß zu bewahren, sondern auch dasselbe zu einem sehr hohen Grade von Härte zu bringen.

181. Die Beobachtung, daß die Biegsamkeit und Elasticität des Holzes in großem Maaßstabe von der Feuchtigkeit desselben abhängen, lenkte Boucherie's Aufmerksamkeit dahin, diese Eigenschaften zu erhöhen. Hierzu machte er Versuche mit mehreren zerfließlichen Salzen, unter welchen er dann dem

Chlorcalcium den Vorzug gab, welches zugleich hinlänglich concentrirt das Holz unverbrennlich macht. Zu gleichem Zwecke empfiehlt er die Mutterlauge der Salzsümpfe, als wohlfeiler wie Chlorcalcium. Holz auf diese Weise zubereitet, ist nicht nur elastischer und biegsamer, es ist auch dem Werfen und Reißen nicht ausgesetzt; allein sein Gewicht ändert sich viel stärker als beim gewöhnlich getrockneten Holze.

182. Auf gleiche Weise kann man Holz auch färben, wozu man nach Boucherie die Auflösungen der Stoffe, welche durch ihre chemische Einwirkung den Farbstoff geben, einzeln einsaugen lassen oder einpressen soll.

183. Die Dauer der nach den angeführten Methoden behandelten Hölzer bleibt noch zu untersuchen, wenn schon Resultate der genügendsten Art erhalten wurden, als man die meisten dieser Hölzer in Lagen brachte, die der Zerstörung des Holzes besonders günstig sind.

184. Die Dauer des nicht präparirten Holzes ist sehr verschieden je nach den Umständen, denen es ausgesetzt ist. In einer geschützten Lage, frei umspielt von der Luft, hielt Bauholz Jahrhunderte lang, ohne eine merkliche Aenderung seiner physikalischen Eigenschaften zu erleiden. Eine gleiche, und vielleicht noch größere Dauer bemerkt man an Holz, das in fließendem Wasser untergetaucht, oder in dicken Mauern eingeschlossen oder eingegraben ist, so daß es den Einflüssen der Atmosphäre entzogen ist.

185. Im Meerwasser, besonders in wärmeren Gegenden, wird das Holz sehr schnell durch zwei Thiere zerstört, wie schon oben gesagt wurde; von dem einen, der Limnoria terebrans sagt man, sie greife nur unbewegliches Holz an, während die Teredo navalis das Holz ohne Unterschied durchbohrt. Viele Mittel hat man versucht, um sich gegen die Verheerungen dieser Zerstörer zu schützen. Das Beschlagen des exponirten Holzes mit Kupfer oder eine Bekleidung mit hydraulischem Cement, wobei man das Holz mit breitköpfigen Nägeln dick beschlägt, um dem Cemente Halt zu geben, haben vollkommnen Erfolg gehabt. Allein die Oxydation des Kupfers, und das Abbröckeln des Cementes beschränken die Anwendbarkeit auf die Fälle, wo die Bekleidung erneuert werden kann. Die chemischen Processe zum Schutze des Holzes haben sich in salzigem Wasser als unbrauchbar gezeigt. Ein Verfahren, das in Amerika von Professor R e n w i c k patentisirt ist, scheint nach einem sorgfältigen Versuche ebenso wirksam gegen die Angriffe des Schiffwurms zu seyn: er imprägnirt das Holz mit Steinkohlentheer. Eine Bekleidung mit Jeffery's Seeleim (Nro. 144), dem man etwas unlösliches mineralisches Gift zugesetzt hat, soll den gleichen Erfolg haben.

186. Das am besten getrocknete Holz widersteht der Einwirkung der Witterung, dieser frei ausgesetzt, nicht länger als ungefähr fünfundzwanzig Jahre, es sey denn daß es durch einen Anstrich von Wachs, Theer, heißem Leinöl geschützt oder über einem leichten Feuer oberflächlich verkohlt ist. Diese Substanzen müssen von Zeit zu Zeit erneuert werden, und sind also nur brauchbar, wo dieß geschehen kann. Sie sind überdieß nicht gehörig ausgetrocknetem Holze mehr schädlich als nützlich, da sie die Poren der Oberfläche schließen und dadurch die Feuchtigkeit in dem Holze festhalten.

187. Die Wälder unserer Gegenden (der Vereinigten Staaten) liefern

eine große Auswahl des besten Bauholzes für jeden Zweck, und versehen damit reichlich unsere und fremde Märkte. Die folgenden Arten sind die gewöhnlichsten.

188. Eiche. Ungefähr vierundvierzig Arten Eichen zählen die Botaniker in den Wäldern der Vereinigten Staaten und Mexiko's auf. Die meisten liefern gutes Baumaterial, nur die Varietäten der rothen Eiche liefern ein geringes schnell verderbendes Holz.

Die weiße Eiche (**Quercus alba**) trägt ihren Namen von der Farbe ihrer Rinde und gehört zu den werthvollsten Arten; sie ist von allgemeinem Gebrauch, doch wird sie besonders für Schiffsbauten zurückbehalten. Ihr Stamm ist groß, dient zu großem Zimmerwerke, die Wurzeln und größeren Aeste liefern das beste Krummholz für den Schiffbau. Das Holz ist fest und dauerhaft und schwach röthlich gefärbt; zu Brettern ist es nicht tauglich, da es nahe $^1/_{32}$ beim Trocknen schwindet und sehr stark sich wirft und reißt.

Der Baum kommt am häufigsten in den mittleren Staaten vor; selten im Verhältniß zu andern Waldbäumen wird er in den Ost- und Südstaaten oder in den reichen Thälern der westlichen Staaten gesehen.

Die Pfosteneiche (**Quercus obtusiloba**) erreicht selten einen Durchmesser von mehr als 0,4 Meter, und wird deßhalb besonders zu Pfosten gebraucht, wonach man sie benannt hat. Das Holz ist gelblich und gedrängt faserig; es soll die weiße Eiche an Dauer und Festigkeit übertreffen und ist deßhalb ein vorzügliches Material für die leichteren Arten von Zimmerung. Dieser Baum kommt sehr häufig in den Wäldern von Maryland und Virginien und heißt dort öfters Bur-Weißeiche oder Eiseneiche. Er wächst ebenso in den südlichen und westlichen Staaten, nördlich von der Mündung des Hudsonflusses ist er selten.

Die Kastanien-Weißeiche (**Quercus prinus palustris**) hat ein festes und dauerhaftes Holz, das aber geringer ist als das der beiden ersten Arten. Dieser Baum ist von Nord-Carolina bis Florida sehr häufig.

Berg-Kastanieneiche (**Quercus prinus monticola**). Das Holz dieses Baums wird vielfältig beim Schiffbau verwendet, wozu ihm nur die weiße Eiche vorgezogen wird. Er findet sich in den Mittelstaaten, und so weit nördlich als Vermont. Den Namen Kastanieneiche hat der Baum von der Form der Blätter.

Lebendige Eiche (**Quercus virens**). Das Holz ist gelblich; der Baum ist groß, von dichtem feinfaserigem Holze, das fester und dauerhafter als von jeder anderen Art ist, weßhalb es unschätzbar für den Schiffbau ist, für welchen es ganz zurückbehalten wird.

Dieser Baum kommt nicht weiter nördlich als die Umgebung von Norfolk, Virginien, vor, noch weiter im Inlande als fünfzehn bis zwanzig (englische) Meilen von der Seeküste. Er kommt längs der Südküste und auf den anliegenden Inseln bis zu den Mündungen des Mississippi häufig vor.

In Deutschland sind besonders zwei Arten Eichen verbreitet, die Stieleiche und die Steineiche.

Die Stieleiche (**Quercus pedunculata**) gibt zumal aus hohen Gegenden

das beste, dauerhafteste Holz, das nur schwach gelblich gefärbt ist; sie heißt auch Sommereiche, Masteiche (als gute Schweinemast gebend).

Die Steineiche (Quercus robur) wird nicht so groß als die erste; ihr Holz ist mürber, brüchiger und mehr röthlich als das der ersten, doch macht der Standort einen sehr bedeutenden Unterschied. Die Steineiche hat noch die Namen Traubeneiche, von dem Beisammenstehen von sechs, acht und noch mehr Eicheln; Kohleiche, Wintereiche und andere.

189. **Fichten, Tannen** sind geringer als Eichen, liefern aber beinahe alle ein vorzügliches Bauholz, das wegen seiner Festigkeit, Dauer, den geraden Fasern, der Leichtigkeit der Bearbeitung und der allgemeinen Verwendbarkeit sehr geschätzt ist.

Die gelbe Fichte (Pinus mitis). Das Kernholz dieses Baumes ist feinfaserig, mäßig harzig, fest und dauerhaft; aber der Splint verdirbt im Wasser sehr schnell. Dieses Holz ist sehr gebräuchlich zur Zimmerung.

Dieser Baum ist überall in den Vereinigten Staaten verbreitet, besonders häufig aber in den Mittelstaaten.

Die Südliche Fichte, Fichte mit langen Nadeln (Pinus australis), hat nur wenig Splint und das Harz ist gleichmäßig durch das Kernholz verbreitet, welches ein feines, dichtes Korn zeigt und mehr Härte, Festigkeit und Dauer hat, als jede andere Art von Fichten, weßhalb große Nachfrage nach diesem Holze ist. Dieser Baum wird zuerst in der Nähe von Norfolk, Virginien, gefunden, von wo südlich er in großer Menge vorkommt.

Weiße Fichte, nördliche Fichte, Weymuthskiefer (Pinus strobus). Das Holz ist weiß, weich, leicht, geradfaserig und dauerhaft; es hat eine geringere Festigkeit als das der bisher betrachteten Bäume, und hat den Fehler, sich in feuchtem Wetter zu werfen. Dieses Bauholz ist gleichwohl als gutes Baumaterial gesucht, da es beinahe die einzige Art ist, welche in den östlichen und nördlichen Staaten zu Zimmerwerk und Schreinerei in den Wohnhäusern verwendet wird.

Die schönsten Exemplare dieses Baumes wachsen in den Wäldern von Maine; er ist in großer Menge zwischen dem 43ten und 47ten Grad nördlicher Breite anzutreffen.

In Deutschland werden als Bauholz besonders folgende verwendet:

Die Fichte, Rothtanne (Pinus abies). Das Holz ist weiß und leicht; es ist das verbreitetste Tannenholz und wird überall zur Zimmerung verwendet.

Die Weißtanne (Pinus picea). Das Holz ist reiner, weißer, nicht so ästig und harzig als bei der Rothtanne, und wird diesem vorgezogen.

Die Kiefer, Föhre (Pinus silvestris) ist nicht so geradwüchsig als die beiden vorhergehenden, aber fester und dauerhafter als beide. Die Kiefer hält sich auch sehr gut im Wasser, weßhalb sie auch da verwendet wird, wo sie immerwährend im Wasser liegt.

Die Lärche (Pinus larix) hat ein feines, röthliches Holz, das so zähe ist, wie das der Kiefer; ein sehr geschätztes Bauholz; kommt besonders auf den höheren Gebirgen des südlichen Deutschlandes und der Schweiz vor.

190. Unter den Bäumen, welche seltener als Bauholz verwendet werden, nehmen durch ihre Härte, Festigkeit und Dauer der Schotendorn (un-

ächte Acacie, locust), die Kastanie und die rothe Ceder den ersten Platz ein. Sie werden besonders zu den Gerippen der Schiffe verwendet, und werden zu Pfosten und Pfählen allen andern Waldbäumen vorgezogen.

Die Ulme, Rüster (Ulmus campestris) hält sich in ganz trocknem oder ganz nassem Zustande sehr gut; sie eignet sich besonders zu Pfählen unter Wasser. Das Holz ist grobfaserig, reißt beim Trocknen nach der Länge und Breite und ist schwer zu bearbeiten.

Die Erle (Alnus glutinosa) hält der Witterung ausgesetzt kaum ein Jahr, wogegen sie unter Wasser sehr dauerhaft ist, weßhalb sie häufig zu Brunnenröhren gebraucht wird.

Die Esche (Fraxinus excelsior) hat ein zähes Holz, das, wenn haltbar, gut ausgetrocknet seyn muß; es wird mehr zu Wagner- und andern Arbeiten als zu Zimmerwerk verwendet.

191. Die weiße Ceder und die Cypresse sind wegen ihres leichten und der Witterung widerstehenden Holzes sehr geschätzt; ihr Holz wird ausschließlich zu Schindeln und andern Ueberdeckungen gebraucht. Beide Bäume kommen in großem Ueberflusse in den Sümpfen der südlichen Staaten vor. In Deutschland werden die Schindeln aus Tannenholz gemacht.

Metalle.

192. Die meistens bei Bauten gebrauchten Metalle sind Eisen, Kupfer, Zink, Zinn und Blei.

Eisen.

193. Dieß am häufigsten verwendete Metall wird als Gußeisen und als Schmiedeisen gebraucht.

194. Gußeisen ist eines der werthvollsten Baumaterialien, wozu es durch seine große Festigkeit, Härte, Dauer und die Leichtigkeit, mit der es sich in die verschiedensten Formen gießen läßt, wird.

195. Man unterscheidet graues und weißes Gußeisen; beide sind in ihren Eigenschaften sehr verschieden. Außerdem gibt es alle zwischenliegenden Arten, welche mehr oder weniger die Eigenschaften des einen oder des andern Gußeisens haben, je nachdem sich ihr Aussehen mehr der einen oder der andern Art nähert.

196. Gutes graues Gußeisen ist etwas hämmerbar und wird, wenn die harte Oberfläche entfernt ist, stark von der Feile angegriffen. Diese Art ist weicher und zäher als weißes Gußeisen; sie zeigt einen körnigen Bruch, von grauer Farbe und einem Metallglanze, ähnlich als seyen kleine glänzende Bleistückchen über die Fläche verbreitet.

197. Weißes Gußeisen ist hart und spröde; der Bruch ist deutlich krystallinisch von weißer Farbe und hat mehr den Glanz, den eine Verbindung von kleinen Krystallen zurückwerfen würde.

198. Ganz graues wie ganz weißes Eisen werden nur höchst selten beim Bauen verwendet; wo Festigkeit verbunden mit Zähigkeit verlangt wird, muß man ein lichtgraues Gußeisen von kleinem gleichförmigem Korne anwenden; dieses läßt sich noch mit der Feile und dem Meisel bearbeiten und füllt beim

Gießen die Formen scharf aus; ganz graues, grobkörniges Eisen hat wenig Festigkeit und weißes Eisen ist spröde und läßt sich kaum mit dem Meisel und der Feile bearbeiten; es ist nur dort anzuwenden, wo dieses nicht schadet und sehr große Härte verlangt wird.

199. Die Festigkeit des Gußeisens hängt von seiner Dichte ab, und diese selbst hängt von der Temperatur ab, welche das geschmolzene Eisen hatte, sowie von der Geschwindigkeit der Abkühlung, dem Metalldrucke, unter welchem das flüssige Gußeisen stand, und der Größe des Gußstückes.

200. Die Dichte des in verticale Formen gegossenen Eisens nimmt bedeutend von oben nach unten zu bis ungefähr auf 1,2 Meter Tiefe, von hier bis zum Boden ist der Zuwachs nahe gleichförmig und gering. Sind alle andern Umstände dieselben, so nimmt die Dichte mit dem Schwerwerden der Gußstücke ab, so daß große Gußstücke im Allgemeinen lockerer sind als kleine.

201. Man sieht, daß es sehr schwierig ist, aus dem äußern Ansehen eines Gußstückes auf seine Festigkeit zu schließen; im Allgemeinen aber kann man aus einer gleichmäßigen Oberfläche ohne Ungleichheit eine gleichmäßige Festigkeit vermuthen.

202. In neuerer Zeit hat man an vielen Orten Gußeisen mit heißem Gebläsewind erzeugt; Fairbairn und Hodgkinson haben eine Vergleichung dieses Eisens und des kalt erblasenen angestellt und die Resultate in dem siebenten Bericht der britischen Association veröffentlicht. Hodgkinson bemerkt hierzu: „Es ist ausnehmend wahrscheinlich, daß die Einführung des heißen Windes die weicheren Gußeisen verschlechtert, während sie häufig die härteren erweicht und verbessert hat; betrachtet man die geringe Verschlechterung einiger Gußeisen, und den augenscheinlichen Gewinn bei andern zusammen mit der großen Ersparniß durch heißen Wind, so ergibt sich ein guter Grund für die so allgemeine Verbreitung dieses Prozesses."

203. Das mittlere specifische Gewicht des kalt erblasenen Gußeisens ist nach diesem Bericht 7,091 und das des heiß erblasenen 7,021.

204. Fairbairn schließt seinen Bericht als das Resultat aus den Untersuchungen beider mit der Bemerkung, daß wenn 1000 die Festigkeit des kalt erblasenen Gußeisens sey, so sey 1024,8 die Festigkeit des heiß erblasenen. Die Festigkeit gegen Zusammendrücken stehe ebenso zu Gunsten des mit heißem Winde erblasenen Gußeisens im Verhältniß von 1000 : 1226,3.

205. **Schmiedeisen.** Die Farbe, der Glanz und das Gefüge eines frischen Bruches geben die besten Kennzeichen der Qualität des Schmiedeisens. Der Bruch sollte an Barren von wenigstens zwei Centimeter Quadratseite untersucht werden, und bei Flacheisen sollte dieses wenigstens ein Centimeter dick seyn. Bei dünneren Stäben ist das Gefüge durch die Bearbeitung so geändert, daß man die unterscheidenden Merkmale nicht mehr erkennen kann.

206. Die Oberfläche eines frischen Bruches bei gutem Eisen ist lichtgrau mit sehr starkem Glanze, das Gefüge ist körnig-hackig. Hat ein Barren dieses Ansehen, und er wird in dünnere Stücke ausgeschmiedet oder gewalzt, so ist der Bruch faserig, die Fasern sind weiß und lang.

207. Blätteriger oder krystallinischer Bruch zeigt einen Fehler des Eisens an, der entweder von fremden Bestandtheilen herrührt, oder von einem Fehler im Frischen.

208. Verbranntes Eisen ist lichtgrau mit bläulichem Schimmer und schieferigem Gefüge. Es ist weich und brüchig.

209. Kaltbrüchiges Eisen zerbricht beim kalten Hämmern; es hat nahe dasselbe Ansehen wie das verbrannte Eisen, ist aber weißer. Es ist sehr hart und spröde.

210. Rothbrüchiges Eisen, das beim Hämmern in der Glühehitze bricht, ist dunkel von Farbe und ohne Glanz. Dieser Fehler ist gewöhnlich an den Barren durch viele Kantenrisse angezeigt.

211. Das faserige Gefüge, das nur in dünnen Stücken auftritt, ist eine dem guten Eisen immer zukommende Eigenschaft; Eisen, was dieses Gefüge nicht annimmt, ist von geringer Art und sollte niemals gebraucht werden, wo große Festigkeit verlangt wird. Die Fasern des schlechten Eisens sind kurz und dieses hat eine dunkle Farbe zwischen bleigrau und dunkelgrau.

212. Das beste Schmiedeisen ist entweder weich oder hart. Das harte ist sehr fest und zähe; es bleibt lange körnig unter dem Hammer und wird nur faserig, wenn es in ganz dünne Stücke ausgeschlagen oder gewalzt wird. Die Fasern sind dann silberweiß.

213. Das weiche Eisen streckt sich gerne unter dem Hammer und nimmt dabei schon in ziemlich dicken Stäben ein faseriges Gefüge an. Diese Fasern sind mehr grau als die beim harten Eisen.

214. Eisen von ursprünglich guter Art kann durch schlechtes Schweißen die Kennzeichen seiner Güte verlieren. Daher kommen die Fehler der Blasen, Risse und Schiefer. Zeigt die Oberfläche des Bruchs ein theilweise krystallinisches, theilweise faseriges oder ein feinkörniges Gefüge, bei welchem einige Körner hackenförmig erscheinen, verbunden mit einer lichtgrauen Farbe ohne Glanz, so läßt sich auf ursprünglich gutes Eisen schließen, welches durch sorgfältiges Abschweißen hergestellt werden kann.

215. Die Festigkeit des Eisens ist sehr verschieden und hängt nicht nur von der Art des Eisens ab, sondern auch von der Sorgfalt, mit der es gefrischt wurde, von der größern oder geringern Compression der Fasern, beim Ausschmieden oder Walzen von Stäben von verschiedener Größe.

216. In dem Berichte von Johnson und Reeves über die Festigkeit des Dampfkessel-Eisens (Journal of Franklin Institute, vol. 20, neue Reihe) ist folgende Reihe der verschiedenen Arten des Roheisens nach der Güte des von ihm erhaltenen schmiedbaren Eisens aufgestellt: 1 Lebhaft grau; 2 Weiß; 3 Halbirt; 4 Mattgrau; 5 Gemischtes Roheisen. Dieser Bericht sagt: So weit diese Versuche die Frage entscheiden, begünstigen sie die lichteren Arten des Roheisens gegen die dunkleren und halbirten, und stellen die Mischung verschiedener Sorten unter die schlechtesten Arten des Frischmaterials, wenn auf Zähigkeit des Produktes gesehen wird.

217. Das mittlere specifische Gewicht des Eisens ist nach diesen Versuchen 7,7344 bei den Kesselblechen und 7,7254 bei Barren.

218. **Dauer des Eisens.** Diese hängt von der Art des Gusses, von

der Größe des Stücks, der größern oder geringern Gleichförmigkeit der Masse, ihrer Dichte und Härte ab.

219. Unter den hierher gehörigen Untersuchungen gebühren denen von Mallet der erste Rang. Hier kann nur eine kurze Aufzählung der wichtigsten Resultate, die er gefunden hat, gegeben werden.

220. Ist Eisen nur theilweise in Wasser getaucht, oder ganz untergetaucht in Wasser, das Schichten von verschiedener Dichte hat, wie bei den Flüssen, welche durch die Fluth anschwellen, so bildet sich eine voltaische Kette aus einem Metall und zwei Flüssigkeiten, wodurch ein schnelleres Angreifen des Eisens bedingt ist, als wenn die Flüssigkeit gleichförmig ist.

221. Die Wirkung des trüben Seewassers in den Docks und Hafen ist weit stärker als die der klaren See, was der Anwesenheit des Schwefelwasserstoffs, der sich aus dem Schlamme entwickelt, zuzuschreiben ist.

222. In klarem Flußwasser ist der Angriff des eingetauchten Eisens unter allen Umständen am kleinsten; hier fehlen die corrosiven Stoffe, und die gebildete Oxydhaut bleibt fest auf dem Eisen haften.

223. In klarem Seewasser wird ein Gußeisenstab von ein Zoll Dicke auf 3 bis 4 Zehntelszoll in einem Jahrhundert zerfressen, ein schmiedeiserner auf 6 Zehntelszoll.

224. Schmiedeisen wird von heißem Seewasser stärker angegriffen als unter allen andern Umständen.

225. Dasselbe Roheisen rostet mehr, wenn es beim Gießen abgeschreckt wird, als wenn man es in Sand gießt; beim ersten Gießen wird die Oberfläche ungleichförmiger und bildet dadurch im Wasser kleine Voltaische Ketten, welche den schnelleren Angriff des Wassers bedingen.

226. Ebenso rostet Eisen, das in trocknen Sand oder Lehm gegossen wurde, weniger als das in feuchten Sand gegossene.

227. Dünne Gußeisenstäbe rosten stärker als dicke. Dieser Unterschied ist auffallender bei weichem graphitreichem Gußeisen als bei hartem, weißem. Mallet schreibt dieß der mehr ungleichförmigen Oberfläche zu, welche man bei dem schnelleren Erkalten in dünnen Stücken erhält.

228. Die harte Kruste des Gußeisens vermehrt die Dauer desselben; ist sie auf einen Viertelszoll entfernt, so rostet das Eisen viel schneller in Luft und in Wasser.

229. Das Rosten greift bei irgend einem Eisen um so langsamer um sich, je gleichförmiger, dichter, härter, kleinkörniger und weniger graphithaltend es ist.

230. Die gewöhnlichsten Mittel, das Eisen gegen Rost zu schützen, sind Anstriche und Firnisse. Sie sind unter den gewöhnlichen Umständen, unter denen Eisen der Witterung ausgesetzt wird, von nur geringem Erfolge, und müssen oft erneuert werden. In Wasser sind sie alle bald zerstört, mit Ausnahme des gekochten Steinkohlentheers, welcher, auf heißes Eisen getragen, einen glänzenden und dauerhaften Firniß von beträchtlicher schützender Kraft liefert.

231. Die bedeutende Ausdehnung, welche die Anwendung des Eisens in der letzten Zeit erhalten hat, hat zu Versuchen geführt, den elektrischen

Strom zum Schutze desselben gegen das Rosten in Luft oder Wasser zu verwenden. Unter den hierzu vorgeschlagenen Verfahrungsarten ist das Verzinken oder, wie man gewöhnlich sagt, das Galvanisiren, am allgemeinsten eingeführt. Die Versuche von Mallet sprechen entschieden gegen Zink, als einen dauernden elektrochemischen Schützer. Er stellt als das Resultat seiner Beobachtungen auf: daß Zink, das in der gewöhnlichen Art über die ganze Oberfläche verbreitet ist, das Eisen nicht länger als zwei Jahre vor Rost bewahre; und daß, so bald als sich irgendwo Rost gebildet hat, die schützende Kraft des Zinks bedeutend sinke oder selbst ganz aufhöre.

232. Bei Ausdehnung seiner Versuche auf Legirungen von Kupfer und Zink und von Kupfer und Zinn hat Mallet gefunden, daß die letztern Legirungen das Angreifen des Eisens durch Seewasser beschleunigen; und daß eine Legirung von 23 Zn + 8 Cu in Berührung mit Eisen dieses ebenso schützt, wie Zink allein, und dabei selbst nur wenig durch den elektrischen Strom angegriffen wird, so daß diese Legirung einen mehr dauernden und unveränderlichen Schutz für Eisen gibt als Zink, und also der Lösung der Aufgabe näher tritt: einen elektrochemischen Schutz zu finden, bei welchem das Eisen unversehrt bleibt und der Schützer selbst nicht angegriffen wird, so daß der Schutz unveränderlich ist.

233. Im Laufe dieser Untersuchungen fand Mallet, daß das weichste graue Eisen in solchem voltaischen Verhältnisse zu dem harten weißen Eisen steht, daß beide in Seewasser eine galvanische Kette bilden, bei welcher das harte Eisen zwar nicht ganz vor Oxydation geschützt, aber diese doch auf Kosten des weichen Eisens sehr verlangsamt wird.

234. Zum Schlusse seiner Untersuchungen stellt Mallet folgende Bemerkungen hin: Der aufmerksame Ingenieur wird schon gesehen haben, daß bei exponirten Werken von Eisen Gleichheit des Querschnitts in allen Theilen von gleicher Belastung weit entfernt ist, gleiche dauernde Festigkeit zu geben, wenn nicht bei der Zugabe für den Verlust an Substanz durch Oxydation dieser Verlust als gleichmäßig über die ganze Struktur vertheilt vorausgesehen werden kann, oder wenn dieser nicht gezwungen ist, sich auf die Theile zu beschränken, welche am Körper verlieren können, ohne ihre Stabilität zu verlieren.

Die Sätze, welche wir aufgestellt haben, geben einen genügenden Leitfaden hierzu; man muß nicht nur auf die Berührung verschiedener Metalle unter sich oder eines Metalls mit verschiedenen Flüssigkeiten, sondern auch auf die Form des Gußstückes und seiner Theile achten. Sind z. B. die Kettenstäbe einer Hängebrücke geschmiedet, und die Bolzen gewalzt, so werden die letzten bei gleicher Exponirung viel weniger lange anhalten als die ersten. Bei den Kesseln der Seedampfschiffe werden die Kesselbleche rings um die Nieten stark angegriffen, ehe diese, welche gehämmert werden bis sie kalt sind, merklich gelitten haben; in der Luftpumpe und dem Condensator der Maschinen, welche mit Meerwasser arbeiten, bei Pumpen, welche mineralische Wasser haben, leidet das Gußeisen zuerst rings um die Löcher, durch welche schmiedeiserne Bolzen oder dergl. gehen. Eine Menge anderer Fälle könnte noch angegeben werden, welche zeigen, wie verbreitet die hier besprochenen Wir-

kungen sind, und wie wichtig deßhalb die Mittel, denselben zu begegnen, für den Ingenieur sind.

235. Seit der Bekanntmachung seines Berichtes hat Mallet zwei Mittel erfunden, das Eisen gegen die Einwirkung der Luft und des Wassers zu schützen; das eine besteht in einer Bekleidung mit einer Legirung von Zink, Quecksilber und Natrium; das andere in einem Amalgam von Palladium und Merkur.

Kupfer.

236. Gewöhnlich wird nur Kupferblech zum Bedecken der Dächer und ähnlichen Zwecken gebraucht. Seine Dauer unter dem gewöhnlichen Witterungswechsel ist sehr groß. Sehr dünnes Kupfer leidet oft an Rissen die beim Auswalzen entstehen. Soll Kupferblech zu wasserdichter Bedeckung dienen, so kann man diesen Fehler durch Verzinnen auf einer Seite aufheben. Blech, welches auf diese Weise zubereitet wurde, hat sich als sehr dauerhaft erwiesen.

Die Legirungen von Kupfer und Zink, bekannt als Messing, und die Legirungen von Kupfer und Zinn: die Bronze, das Stückgut, Glockengut werden zuweilen statt Eisen angewendet; sie sind weniger dem Rosten unterworfen und doch härter als Kupfer.

Zink.

237. Auch dieses Metall wird meist in der Form von Blech verwendet, und für wasserdichte Bedeckungen hat es nahe jedes andere Blech verdrängt. Die rein metallische Oberfläche des Zinks bekleidet sich bald mit einer sehr dünnen, harten durchscheinenden Oxydhaut, welche in Wasser und Luft unveränderlich ist und das Metall unter ihr vor weiterer Oxydation schützt. Diese Eigenschaft des Zinkoxydes macht das Zink so geschätzt zu Bedeckungen; aber seine Dauer hängt wesentlich davon ab, daß es nicht in der Feuchtigkeit mit Eisen in Berührung gebracht werde, wo der entstehende galvanische Strom das Zink bald zerstören würde. Ebenso sollte Zink ganz frei von Eisen seyn, da eine kleine Quantität Eisenoxyd, im Zink enthalten, die Veranlassung zu dessen schneller Zerstörung ist.

238. Außer den schon genannten Legirungen bildet das Zink mit Kupfer eines der gebräuchlichsten Lothe, das Schlagloth; und seine Legirung mit Blei ist zur Befestigung von Eisen in Eisen oder Stein statt des gewöhnlich hierzu gebrauchten Bleis vorgeschlagen worden, welch letzteres das Rosten des Eisens beschleunigt.

Zinn.

239. Zinn wird hauptsächlich zum Verzinnen des Eisens und Kupfers gebraucht; die Legirung, welche sich hierbei auf der Oberfläche bildet, schützt diese Metalle einige Zeit vor Oxydation. Legirt mit Blei liefert Zinn das vielgebrauchte Schnellloth.

Blei.

240. Bleiplatten geben eine sehr gute und dauerhafte Dachbedeckung; aber es steht das Blei dem Kupfer und Zink in Zähigkeit und Dauerhaftig-

keit nach; auf geneigten Flächen reißt es sehr leicht auseinander, besonders wenn es mit andern Materialien überdeckt ist.

Anstriche und Firnisse.

241. Die Anstriche sind Mischungen von fetten und ätherischen Oelen, besonders von Lein- und Terpentinöl mit verschiedenen Metallsalzen und Oxyden und andern Körpern, welche entweder als Farben dienen, oder welche dem Anstriche mehr Körper geben sollen, oder welche endlich das Trocknen befördern.

242. Anstriche werden oft als Mittel, Holz und Metalle vor den Angriffen der Witterung und des Wassers zu bewahren, verwendet. Diesen Zweck erfüllen sie sehr unvollkommen, da die Oele, welche in die Mischung eingehen, nicht allein den Einflüssen der Witterung erliegen, sondern auch durch die Metallsalze selbst verändert werden.

243. Anstriche sind in der Luft haltbarer als im Wasser. Im Wasser zerstören die chemischen Einflüsse des Wassers auf die Oele und besonders in faulem Wasser des Schwefelwasserstoffs auf die Metalle bald diese Anstriche.

244. Sorgfältig bereitet und angewendet werden aber gute Anstriche doch bald dem Wasser undurchgänglich, und Holz kann lange durch sie geschützt werden, vorausgesetzt daß das Holz beim Auftragen des Anstrichs gut ausgetrocknet sey, und der Anstrich zu rechter Zeit erneuert werde. Bei Metallen dringt die Feuchtigkeit durch die Poren des Anstrichs ein, die Oberfläche des Metalls rostet unter dem Anstriche und dieses wird oft noch durch den Einfluß des Anstrichs beschleunigt.

245. Firnisse sind Auflösungen von verschiedenen harzigen Stoffen in leicht trocknenden Lösungsmitteln. Sie werden wie die Anstriche gebraucht und haben dieselben Fehler.

246. Im Folgenden sind die gebräuchlichsten Zusammensetzungen der Anstriche und Firnisse zusammengestellt.

Weißer Anstrich für Holz:

Bleiweiß mit Oel abgerieben	80
Leinölfirniß	9
Rohes Oel	9
Terpentinöl	4

Das Bleiweiß wird mit dem Oele abgerieben und das Terpentinöl zuletzt zugesetzt. Besser trocknen wird aber die Farbe, wenn man kein rohes Oel, sondern nur Leinölfirniß, d. h. mit Bleiglätte abgekochtes Leinöl verwendet.

Schwarzer Anstrich.

Lampenruß	28
Bleiglätte	1
Lackfirniß	1
Leinölfirniß	73
Terpentinöl	1

Bleifarbe.

Bleiweiß mit Oel abgerieben	75
Lampenschwarz	1
Leinölfirniß	23
Bleiglätte	0,5
Lackfirniß	0,5
Terpentinöl	2,5

Graue oder Steinfarbe (für Gebäude)		Lack für Gußeisen.	
Bleiweiß . . .	78	Gepulverter Graphit .	12
Leinölfirniß . . .	9,5	Mennige . . .	12
Rohes Oel . . .	9,5	Bleiglätte . . .	5
Terpentinöl . . .	3	Lampenruß . . .	5
Umbra . . .	0,5	Leinöl	66
Lampenschwarz . . .	0,25		

Copalfirniß.

Copal in reinen Stücken . . .	26,5
Leinölfirniß	42,5
Terpentinöl	31

Der in erbsengroße Stücke zerschlagene Copal wird über dem lebhaften Feuer eines Windofens geschmolzen, und wenn er ganz flüssig, sich stark hebt und aufwallt, gießt man den Leinölfirniß zu, während das Gefäß über dem Feuer bleibt, erhitzt noch einige Zeit, worauf man die Mischung vom Feuer nimmt und allmählig das Terpentinöl zusetzt.

Japanfirniß.

Bleiglätte	4
Leinölfirniß	87
Terpentinöl	2
Mennige	6
Umbra	1
Schellack	8
Bleizucker	2
Zinkvitriol	1

Die schöne schwarze Politur der Berliner Eisengußwaaren soll durch das Bestreichen des heißen Eisens mit folgender Mischung erhalten werden, welche man dann in der Hitze abrauchen läßt:

Asphalt	0,5
Harz	0,5
Leinöl	1,0
Copalfirniß	1,0

Diese Mischung wird mit hinreichend Terpentinöl versetzt.

246. Aus den Versuchen von Mallet über den Schutz, den Anstriche und Firnisse dem in Wasser stehenden Eisen gewähren, geht hervor, daß Cautschuk-Firniß sehr gut für Eisen in heißem Wasser ist, und Asphalt-Firniß unter allen andern Umständen; daß aber heißer Steinkohlentheer auf heißes Eisen aufgetragen eine bessere Bekleidung bildet als jeder der vorhergehenden.

247. Derselbe Mallet empfiehlt noch folgende Compositionen zu einem Anstrich, den er zoofagen Anstrich nennt, und zu einem Firnisse, welcher das galvanisirte Eisen schützen soll.

Firniß für verzinktes Eisen.

Zu 25 Kilogramm Asphalt, der in einem eisernen Kessel geschmolzen und drei bis vier Stunden lang gekocht wird, bringt man acht Kilogramm Men=

nige und Bleiglätte, die zu feinem Pulver zerrieben wurde, in gleichen Theilen mit 50 Liter trocknendem Leinöl und erhitzt das ganze bis nahe zum Sieden. In einem zweiten Kessel schmilzt man vier Kilogramm Animeharz, zu welchem man 19 Liter siedendheißes trocknendes Leinöl gießt mit sechs Kilogramm Kautschuk, das theilweise in Steinkohlentheeröl aufgelöst ist. Den Inhalt des zweiten Kessels gießt man in den ersten, und kocht das Ganze langsam, bis der zwischen zwei Spateln genommene Firniß zähe und klebrig erscheint. Ist die Mischung kalt geworden, so wird sie mit 150 bis 170 Liter Terpentinöl oder Theeröl verdünnt.

249. Es wird empfohlen, das Eisen vor dem Auftragen des Firnisses zu erhitzen und das Auftragen mit einem Spatel oder einem biegsamen Streifen Horn anstatt der Bürste auszuführen.

Ist der Firniß trocken und hart, so wird er von keiner mäßig verdünnten Säure oder Kalilösung angegriffen, und lange unter Wasser bildet er kein theilweise lösliches Hydrat, was bei reinen Harzfirnissen und Oelanstrichen der Fall ist. Er kann nur mit Mühe mit Hilfe eines scharfen Messers entfernt werden und ist so elastisch, daß das mit ihm bekleidete Eisen mehrmals gebogen werden kann, ehe sich der Firniß loslöst.

Zoofager Anstrich.

250. Zu 100 Theilen einer Mischung von Leinölfirniß, Mennige, Schwerspath und ein wenig Terpentinöl nimmt man zwanzig Theile Chlorkupfer und drei Theile gelbe Seife und gewöhnliches Harz in gleichen Mengen mit etwas Wasser.

Ist verzinktes Eisen der Luft allein ausgesetzt, so ist der Firniß Schutz genug; allein in Seewasser, wo es wie bei Schiffen wünschenswerth ist, das Anhängen von Pflanzen und Thieren zu vermeiden, kann dieser Anstrich seiner giftigen Natur wegen gebraucht werden. Er kommt auf den Firniß und braucht drei bis vier Tage zum Trocknen vor dem Eintauchen.

Resultate der experimentellen Untersuchungen über die Stärke der Materialien.

251. Was auch das Gefüge der Materialien seyn mag, faserig oder körnig, so bleibt doch bei allen für den Ingenieur Einiges gleich zu beachten, nämlich die Contraction, Verlängerung, Biegung, Drehung, der seitliche Zusammenhang und der Widerstand, welchen die Körper den Kräften entgegensetzen, die diese Erscheinungen hervorzubringen suchen.

252. Alle Körper, welche durch angewandte Kräfte eine dieser Aenderungen erleiden, haben innerhalb bestimmter Grenzen, den Grenzen der Elasticität, die Eigenschaft nach Aufhören des Angriffs der Kraft mehr oder weniger vollständig ihre frühere Form wieder anzunehmen; diese Eigenschaft nennt man die Elasticität der Körper.

253. Wie weit ausgedehnte Körper die Eigenschaften besitzen, ihre Form nach Aufhören der Einwirkung der Kraft wieder vollständig anzunehmen, ist noch ungewiß. Man hat sonst allgemein angenommen, daß ungefähr ein

Drittel der Kraft, welche die Cohäsion ganz aufhebt und den Bruch herbeiführt, eine dauernde Aenderung der Form des Materials noch nicht herbeiführe. Allein aus den neuesten Versuchen von Hodgkinson mit Gußeisen, wie aus den früheren von v. Gerstner mit Eisendraht geht hervor, daß das Zurückgehen selbst bei schwachem Zuge nicht vollständig erfolge, und es ist wahrscheinlich, daß diese und die meisten andern Materialien eine bleibende Formveränderung selbst durch die geringste Kraft annehmen.

254. Die Ausdehnung oder Zusammendrückung eines festen Körpers kann entweder durch eine Kraft bewirkt werden, welche in der Richtung der Ausdehnung oder Zusammendrückung wirkt, oder durch eine quer wirkende Kraft, welche den Körper biegt. Versuche, welche man darüber anstellte, haben das Verhältniß kennen gelehrt, das zwischen der Verkürzung oder Verlängerung und den Kräften, welche diese bewirken, besteht. Daher weiß man, daß die Verkürzungen oder Verlängerungen bei einem und demselben Körper innerhalb bestimmter Grenzen den Kräften proportional sind; daß aber die Verkürzung oder Verlängerung für gleiche Kräfte nicht gleich groß seyen. Nach den Versuchen von Hodgkinson und denen von Duleau sind die Ausdehnung und die Verkürzung, welche durch einen gleichen Zuwachs an Kraft hervorgebracht werden, bei Gußeisen und bei Schmiedeisen gleich groß; bei Holz aber ist nach Hodgkinson die Verkürzung nur $^4/_5$ der Verlängerung.

255. Wird ein fester Körper aus irgend einem der Baumaterialien gebogen, so sind die Fasern an der concaven Seite zusammengedrückt, dagegen an der convexen ausgedehnt; zwischen den verlängerten und den verkürzten Fasern trifft man andere, die weder verlängert noch verkürzt sind; diese bilden zusammen die sogenannte neutrale Achse des Balkens.

256. Die gewöhnlich bei Betrachtung dieser Erscheinungen angenommene Hypothese ist die, daß die Verkürzungen und Verlängerungen der Fasern auf jeder Seite der neutralen Achse den Abständen dieser Fasern von der genannten Achse proportional seyen, woraus dann folgt, daß die neutrale Achse bei Querschnitten, welche um diese symmetrisch sind, durch die Mitte des Querschnittes geht. Aus den Versuchen von Hodgkinson und von Barlow geht aber hervor, daß die neutrale Achse in Schmied- und in Gußeisen der concaven Seite des gebogenen Stückes näher liege als der convexen, und daß sie wahrscheinlich ihre Lage ändert, wenn die Biegung so groß wird, daß der Bruch erfolgt. Bei Holz liegt nach Barlow die neutrale Achse zunächst bei der convexen Seite und nach seinen Versuchen mit schmiedeisernen und holzernen Balken mit rechtwinklichen Querschnitte, setzt er die neutrale Achse auf ungefähr $^5/_8$ der Tiefe des Querschnitts von der convexen Seite bei Holz, und auf $^2/_3$ bis $^4/_5$ der Tiefe bei Schmiedeisen.

257. Die Kraft, die hinreichend ist, um die Cohäsion der Theilchen aufzuheben, ist nach den Versuchen sowohl für das Zerreißen als für das Zusammendrücken nach der Länge dem Querschnitte des Körpers proportional. Als Maaß des Widerstandes, den ein Körper dem Zerreißen oder dem Zerdrücken entgegensetzt, seiner a b s o l u t e n oder seiner r ü c k w i r k e n d e n F e s t i g k e i t, dient daher die Größe der Kraft, welche das Zerreißen oder Zerdrücken desselben Körpers bei der Einheit des Querschnittes bewirkt.

258. Aus den Versuchen über das Zerreißen geht hervor, daß die Fläche des Risses mehr oder weniger eben ist, je nach der Natur des Materials.

259. Die meisten Versuche über das Zerdrücken sind mit kleinen Würfeln angestellt, welche die rückwirkende Festigkeit größer gegeben haben als man sie bei Bauten, wo die Höhe des Baustückes dreimal den Radius der Grundfläche übertrifft, annehmen darf. Dieser Punkt ist durch die Versuche von Hodgkinson über das Zerdrücken von Körpern mit kreisförmiger oder rechteckiger Grundfläche in volles Licht gesetzt worden. Diese Versuche untersuchen, ob der beim Bruche geleistete Widerstand in einem constanten Maaße sich mit der Höhe des zerdrückten Stückes ändere, wenn die Basis dieselbe bleibt. Bei gußeisernen Säulen mit kreisförmiger Grundfläche wurde die rückwirkende Festigkeit constant erfunden, solange die Höhe kleiner als der dreifache Halbmesser der Grundfläche war; von dieser Höhe bis zu einer gleich dem sechsmaligen Halbmesser der Grundfläche blieb die Festigkeit wieder gleich, aber sie war kleiner als im ersten Falle; von hier an nahm der Widerstand mit der zunehmenden Höhe ab. In den beiden ersten Fällen war entweder der obere Theil über den untern abgegleitet, wobei die Gleitungsfläche einen constanten Winkel mit der Achse der Säule machte, oder die Säule trennte sich in conische oder keilförmige Stücke, welche die obere und untere Fläche der Säule zu ihren Grundflächen hatten. Der Widerstand zeigte sich proportional den Grundflächen. War die Höhe der Säulen größer als der sechsfache Halbmesser der Grundfläche, so geschah das Brechen durch Umbiegen.

260. Die Versuche von Hodgkinson mit Holz und anderen Materialien zeigten ähnliche Erscheinungen beim Bruche; alle gaben innerhalb bestimmter Grenzen eine schiefe Bruchebene, deren Winkel mit der Achse für gleiches Material constant waren, und innerhalb dieser Grenzen war der Widerstand dem Querschnitte proportional.

261. Unter den vielen interessanten Ableitungen, welche Hodgkinson aus der großen Reihe seiner Versuche ableitet, ist auch die, daß zwischen der rückwirkenden, absoluten und der relativen Festigkeit (dem Widerstande gegen das Zerbrechen) bei demselben Materiale ein constantes Verhältniß stattfindet. Die folgende Tafel gibt diese Verhältnisse:

Material.	Rückwirkende Festigkeit auf ein Quadratcentimeter.	Absolute Festigkeit auf ein Quadratcentim.	Relative Festigkeit eines Stabes von ein Q.-Centim. Querschnitt und ein Meter Länge.
Holz.	1000	1900	10,21
Gußeisen.	1000	158	2,38
Stein.	1000	100	1,18
Glas.	1000	123	1,20

Dem vom Hodgkinson ausgesprochenen Satze widersprechen aber andere Erfahrungen; die Sache ist noch nicht entschieden.

262. Festigkeit der Steine. Die Unterschiede in dem Gefüge und die Verhältnisse der Bestandtheile, welche man häufig bei Steinen aus dem-

selben Steinbruche bemerkt, lassen schließen, daß ähnliche Verschiedenheiten in der Festigkeit vorkommen, was die Versuche bestätigt haben; noch größer sind die Unterschiede welche dieselben Arten Steine aus verschiedenen Gegenden zeigen. Man wird sich also nur in gewöhnlichen Fällen auf die vorhandenen Versuche verlassen können und wird, wo große Lasten vorkommen, unmittelbare Versuche über die Festigkeit der zu verwendenden Bausteine anwenden müssen.

263. Bei der Leichtigkeit, mit welcher Steine im Allgemeinen bei Stößen brachen, und bei dem verhältnißmäßig geringen Widerstande, welchen sie dem Zerreißen oder Zerbrechen entgegensetzen, werden Steine bei Bauten selten einer andern Kraft als einer drückenden ausgesetzt; und nur selten kommen Fälle vor, wo diese Kraft nicht weit unter der rückwirkenden Festigkeit der besseren Bausteine zurückbleibt. Wo also die Dauerhaftigkeit des Steins gegen diesen Druck hinreichend festgestellt ist, kann man sich begnügen, ihn durch sein Gefüge und allgemeines Ansehen als zu den bessern Steinen gehörig zu erkennen.

264. Für die neuen Parlamentshäuser in London ist von Daniell und Wheatstone die Festigkeit einer großen Reihe von Bausteinen untersucht worden, wobei zugleich der Widerstand gegen das Erfrieren nach Brard's Proceß berücksichtigt wurde. Dabei ergaben sich folgende Schlüsse:

Werden die Steine in Klassen nach ihrer chemischen Zusammensetzung gebracht, so ergibt sich bei allen Steinen derselben Klasse eine bestimmte Beziehung zwischen ihren physikalischen Eigenschaften. Der schwerste Stein einer Klasse hat auch die größte Festigkeit, absorbirt am wenigsten Wasser und widersteht der Einwirkung des Wetters am besten. Dieses zeigt sich bei den Versuchen als allgemeine Regel, wenn schon bei einzelnen Steinen Ausnahmen vorkommen. Aber diese Regel gilt nicht von einer Klasse zur andern. Sandsteine absorbiren das wenigste Wasser, aber sie bröckeln leichter als Dolomite, welche bei ihrer Dichte viel Wasser aufnehmen.

265. Practische Resultate. Wo Steine unter den gleichen Umständen wie bei den Versuchen zur Erforschung ihrer Festigkeit in Bauten verwendet werden, da kann keine Schwierigkeit vorliegen, anzugeben, mit welcher Last man die Steine bleibend belasten kann. Man muß dabei außer den zufälligen Angriffen, denen die Bauten ausgesetzt sind, auf die Ungleichheiten des Materials und auf die sorglose Arbeit, durch welche die Steine oft in die ungünstigste Lage zum Widerstande gebracht werden, Acht haben. Nimmt man $^1/_3$ der rückwirkenden Festigkeit, so kann der Stein unter günstigen Umständen ausdauernd halten; in der Regel wird es gut seyn, die Steine nur mit dem zehnten Theile des Gewichtes zu belasten, unter welchem Würfel von ungefähr fünf Centimeter Seite beim Versuche zerdrückt werden. Bei Säulen und Pfeilern von einiger Länge, besonders wenn sie dem Umwerfen ausgesetzt sind und die Last also auf die Kante drückt, muß man sogar noch weniger nehmen. Nach Rondelet ist der Druck, der bei den kühnsten Bauwerken ein Quadratcentimeter auszuhalten hat, folgender:

	Kilogramm
Pfeiler der Peterskirche in Rom . .	16,4
„ „ Paulskirche in London . .	19,4

	Kilogramm.
Pfeiler des Invalidenhauses in Paris .	14,8
„ der Genovevenkirche „ „ . .	29,4
Säulen der Paulskirche in Rom . .	19,8
Pfeiler des Kirchthurms zu St. Mery .	29,4
Säulen in der Kirche zu Toussaint d'Angers	44,3
Pfeiler der Neuilly=Brücke . . .	9,3

Die Steine sind Kalksteine und der Druck, dem sie ausgesetzt sind, beträgt $^1/_7$ bis $^1/_{16}$ der rückwirkenden Festigkeit derselben.

266. Die folgende Tafel gibt die Belastung, die man mit Sicherheit auf einen Quadratcentimeter Stein geben darf, nebst dem Gewichte von einem Kubikmeter dieses Steins. Die ersten Zahlen sind der zehnte Theil der rückwirkenden Festigkeit.

Bezeichnung des Steins.	Sichere Belastung auf einen Quadrat=centim.	Gewicht von ein Kubikmeter.
	Kilogramme	Kilogramme
Balsat	200	2950
Porphyr	240	2870
Granit	70	2660
	42	2640
Sandstein . . .	87	2500
	0,4	2400
Marmor, harter . .	79	2720
Kalkstein . . .	44	2440
	30	2360
	12	2000
Backstein, stark gebrannter	15	1560
„ , rother . .	6	2170
„ , blasser . .	4	2090

267. Festigkeit des Mörtels. Eine lange Reihe von Versuchen wurde in den letzten Jahren über den Widerstand angestellt, welchen Mörtel einem seitlichen Zuge entgegensetzt, um die Eigenschaften des Mörtels und ihre Abhängigkeit von seinen Bestandtheilen und der Manipulation bei der Bereitung kennen zu lernen. Diese Versuche haben sehr verschiedene und oft widersprechende Resultate gegeben. Die allgemeineren Schlüsse aber, welche man aus ihnen gezogen hat, sind nahe dieselben aus der Mehrzahl der Fälle, und sie liefern dem Ingenieur die zuverläßigsten Führer bei diesem wichtigen Gegenstande.

268. Oberst Totten gibt folgende Resultate seiner Versuche, welche er im Anhange seiner Uebersetzung von General Treussart's Werke über den Mörtel bekannt gemacht hat:

1) Mörtel von hydraulischem Cemente und Sand ist um so härter und fester, je kleiner die Menge des Sandes wird.

2) Gewöhnlicher Mörtel ist fester und härter wie der Sand abnimmt.

3) Eine Zugabe von gemeinem Kalke zu einem Mörtel von hydraulischem Kalke und Sand schwächt den Mörtel, aber ein kleiner Zusatz von Kalk gibt keine merkliche Schwächung und erspart Kosten.

4) Die Festigkeit des gewöhnlichen Mörtels wird durch Zusatz von künstlicher Puzzolane bedeutend erhöht, mehr noch durch Beifügung von hydraulischem Cemente.

5) Feinkörniger Sand gibt dem Mörtel mehr Festigkeit als grober.

6) Kalk, der durch Begießen gelöscht wurde, gibt besseren Mörtel als Kalk, der zu Brei gelöscht wurde. An der Luft zerfallener Kalk gibt keinen guten Mörtel.

7) Beide, hydraulischer wie Luftmörtel, werden fester, wenn sie mit wenig Wasser bereitet werden, als wenn der Kalkbrei dünn gemacht wird.

8) Mörtel, der in der Mörtelmühle bereitet war, wurde besser erfunden als der auf gewöhnliche Weise untereinander geschaffte.

9) Süßes Wasser gibt bessere Resultate als Seewasser.

269. Festigkeit des Beton und Concrete. Nach den Versuchen des Obersten Pasley ergibt sich, daß Concrete, das nach den als best anerkannten Vorschriften bereitet war, von geringerer Tragfähigkeit war als gute Backsteine und die weicheren Arten von natürlichen Steinen.

Aus den Versuchen des Oberst Totten über den Beton ergibt sich folgendes:

Beton mit einem Mörtel aus hydraulischem Cemente, gewöhnlichem Kalke und Sand oder aus hydraulischem Cemente und Sand ohne Kalk bereitet, ist um so fester, je weniger Sand der Mörtel enthält. Aber geringe Quantitäten Sand und Kalk schaden nur unmerklich.

Beton, der mit einer Menge Mörtel bereitet wurde, welche gerade hinreicht, die Zwischenräume zwischen den Steinstücken auszufüllen, wurde weniger fest erfunden, als der mit dem doppelten Gewichte Mörtel. Aber Oberst Totten bemerkt hierzu, daß bei im Kleinen angestellten Versuchen die kleine Menge Mörtel vielleicht nicht hinreichend alle Zwischenräume ausfülle.

Der festeste Beton wurde erhalten als man sehr kleine Bruchstücke von Backsteinen anwendete; der schwächste von kleinen, abgerundeten Kieseln.

Ein Beton, den man durch Eingießen von Gipsbrei unter die Steinschotter bereitete, war schwächer als der auf gewöhnliche Weise erhaltene.

Bei der Vergleichung der Festigkeit von acht Monate altem Beton mit der eines guten rothen Sandsteines fand man den besten Beton nur halb so fest als den Sandstein.

Guten Beton von 18 Monaten kann man mit Sicherheit mit vier Kilogramm auf den Quadratcentimeter belasten.

270. Festigkeit des Holzes. Hier kommt Ausdehnung, Zusammendrückung und seitliche Biegung in gleichen Betracht. Wir werden von den zahlreichen Versuchen, welche in allen Ländern hierüber angestellt wurden, nur die allgemeineren practischen Resultate geben.

271. Absolute Festigkeit. Die folgende Tafel gibt die Gewichte an, mit welchen man mit Sicherheit jeden Quadratcentimeter des Querschnittes belasten kann, wenn diese Belastung so angebracht ist, daß sie eine Verlängerung des Holzes bewirkt. Diese Zahlen sind der zehnte Theil des Gewichtes, welches das Zerreißen bewirken würde, der absoluten Festigkeit.

Bezeichnung des Holzes.	Sichere Tragkraft auf einen Quadratcentimeter.
	Kilogramme
Ahorn . . .	120
Akazie . . .	110
Birke . . .	100
Buche . . .	140
Eiche . . .	120
Erle . . .	100
Esche . . .	120
Fichte . . .	180
Kiefer . . .	100
Lärche . . .	70
Mahagony . .	120
Pappel . . .	50
Roßkastanie . .	80
Teak	110
Tanne . . .	85
Ulme . . .	100
Hainbuche . .	140

272. Rückwirkende Festigkeit. Die nachfolgende Tafel gibt die Belastung an, welche man kurzen Stücken auf einen Quadratcentimeter Querschnitt geben darf. Die Zahlen sind der zehnte Theil der rückwirkenden Festigkeit, wie sie von Hodgkinson bestimmt wurden.

Bezeichnung des Holzes.	Sichere Tragkraft von einem Quadratcentimeter.
	Kilogramm
Erle	48
Esche . . .	60
Buche . . .	54
Birke, amerikanische .	23
„ , englische . .	23
Ceder . . .	39
Rothtanne . . .	40
Weißtanne . .	47
Föhre, Kiefer . .	45
Mahagony . .	57
Eiche von Quebeck .	29
„ , englische . .	45
Pappel . . .	21
Lärche . . .	22
Wallnuß . . .	42

273. Für Pfeiler hat Hodgkinson nach seinen Versuchen Formeln aufgestellt, in welchen von uns die Coefficienten so bestimmt sind, daß sie die Belastung geben, welche man mit Sicherheit einen Pfeiler anhaltend tragen lassen kann.

Ist W dieses Gewicht in Kilogrammen;
s die Seite der quadratischen Basis in Centimetern;
l die Länge des Pfeilers in Metern, so ist

für Eichen

$$W = 2{,}5 \frac{s^4}{l^2} \text{ und}$$

für Rothtannen

$$W = 1{,}8 \frac{s^4}{l^2} \ .$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß die Länge des Pfeilers mehr als 30mal so lang sey als die Seite des Querschnittes; für kürzere Pfeiler, welche aber immer noch so lang sind, daß sie vor dem Brechen sich biegen, gibt folgende Formel die sichere Belastung:

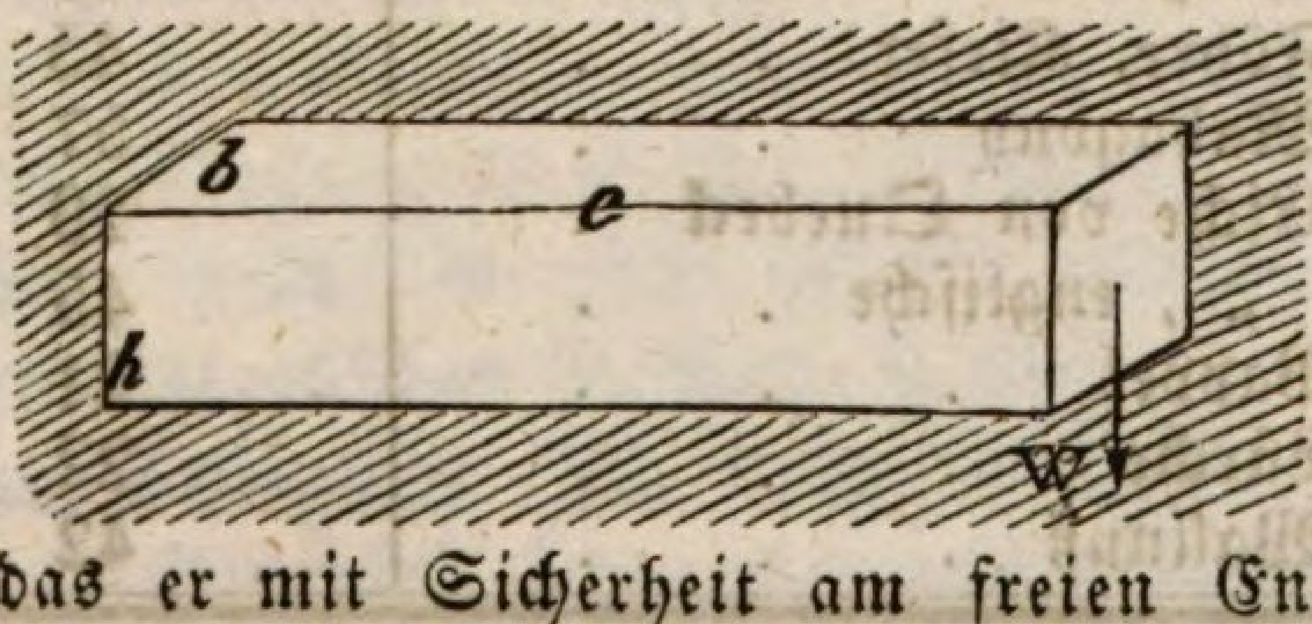
$$W'' = \frac{WW'}{W + \sqrt[3]{}_4 W'}$$

W'' ist die Tragkraft des Pfeilers;
W ist das Gewicht das der lange Pfeiler nach einer der zwei ersten Formeln tragen kann;
W' ist die Tragkraft eines kurzen Holzstückes nach der Tafel in Nro. 272.

Diese Formeln werden aber doch noch der ferneren Bestätigung bedürfen.

274. Relative Festigkeit. Da Bauholz meistens der seitlichen Biegung bei seiner Verwendung ausgesetzt ist, so hat man sehr viele Versuche über seine relative Festigkeit angestellt, und Formeln aufgestellt, welche die Beziehungen zwischen den Dimensionen des Bauholzes und seiner relativen Festigkeit feststellen. Solche Formeln findet man in jedem praktischen Handbuche der Statik und Mechanik, unter anderm in dem „Vademecum für den praktischen Ingenieur und Baumeister von Breymann u. a. Stuttgart bei J. B. Müller 1849." für den Gebrauch zusammengestellt auf S. 304 und weiter, oder Tafeln, welche die Rechnungen ersparen in den „Tafeln für Maschinenbau von Carl Holtzmann, Pforzheim bei Flammer und Hoffmann 1848" S. 70 und weiter. Hier sollen nur die Formeln für die am häufigsten vorkommenden Fälle gegeben werden, wobei, wie dieß bei Holz beinahe allein vorkommt, nur rechtwinkliche Balken vorausgesetzt werden sollen.

Ist der Balken an einem Ende eingemauert und am andern belastet und ist



W das Gewicht, das er mit Sicherheit am freien Ende tragen kann in Kilogrammen.
l Meter die Länge des Balkens.
b Centimeter die Breite.
h " die Höhe des Balkens.

so ist

$$W = \frac{bh^2}{10l}.$$

Liegt der Balken an beiden Enden auf und ist er in der Mitte belastet, so ist die sichere Tragfähigkeit desselben

$$W = 0,4 \frac{bh^2}{l},$$

wo die Bezeichnungen dieselben sind wie bei der ersten Formel.

Ist endlich die Last gleichförmig über den ganzen Balken vertheilt, so ist die Tragfähigkeit

$$W = 0,8 \frac{bh^2}{l}.$$

275. Der seitliche Zusammenhang der Fasern des Holzes bietet nach Professor Barlow einer mit der Richtung der Fasern parallel wirkenden Kraft Widerstand dar, der bei der Fohre auf den Quadratcentimeter 41 Kilogramme beträgt.

Für die Kraft, welche rechtwinklich auf die Richtung der Fasern angewendet werden muß, um diese auseinander zu reißen, gibt Tredgold folgende Werthe, welche sich auf einer Fläche von einem Quadratcentimeter Größe beziehen:

Eiche	152 Kilogramm
Pappel	123 „
Lärche	78 bis 119 „

276. Festigkeit des Gußeisens. Die meisten Versuche hierüber sind die von Hodgkinson. Seine Untersuchungen über die Festigkeit der Säulen und über die angemessenste Form gußeiserner Träger, deren relative Festigkeit in Anspruch genommen ist, haben dem Ingenieur einen sehr werthvollen Führer für die Anwendung dieser Materialien gegeben.

277. Widerstand gegen Ausdehnung, absolute Festigkeit. Diese wechselt für den Quadratcentimeter Gußeisen von 850 bis 1430 Kilogramm. Zu aller Sicherheit wird man für dauernde Belastung nicht über 200 bis zu 400 Kilogramme, letzteres bei vorzüglichem Gußeisen gehen.

278. Widerstand gegen Zusammendrückung. Die allgemeinen Erscheinungen, welche sich bei dem Zerdrücken von Gußeisen bei den Versuchen von Hodgkinson zeigten, sind schon oben angegeben. Der Winkel des Keiles, der sich bei dem Bruche ergab, war ungefähr 55 Grad.

Das mittlere Gewicht, welches das Zerdrücken bei mit heißem Winde erblasenen Gußeisen bewirkte, war auf den Quadratcentimeter 8500 Kilogramm bei kurzen Cylindern, bei kurzen quadratischen Säulen 7000 Kilogramm. Bei kalt erblasenem Gußeisen waren diese Zahlen 8800 Kilogramm und 7000 Kilogramm.

279. Widerstand cylindrischer Säulen. Für längere Säulen von Gußeisen mit ebenen Grundflächen gibt Hodgkinson als die Größe des zerdrückenden Gewichtes nach seinen Versuchen

$$W = 207 \frac{d^{3,6}}{l^{1,7}} \text{ Kilogramm}$$

d ist der Durchmesser in Centimetern;
l die Länge in Metern.

Für hohle Cylinder ist $W = 207 \dfrac{d^{3,6} - d'^{\,3,6}}{l^{1,7}}$ Kilogramm,

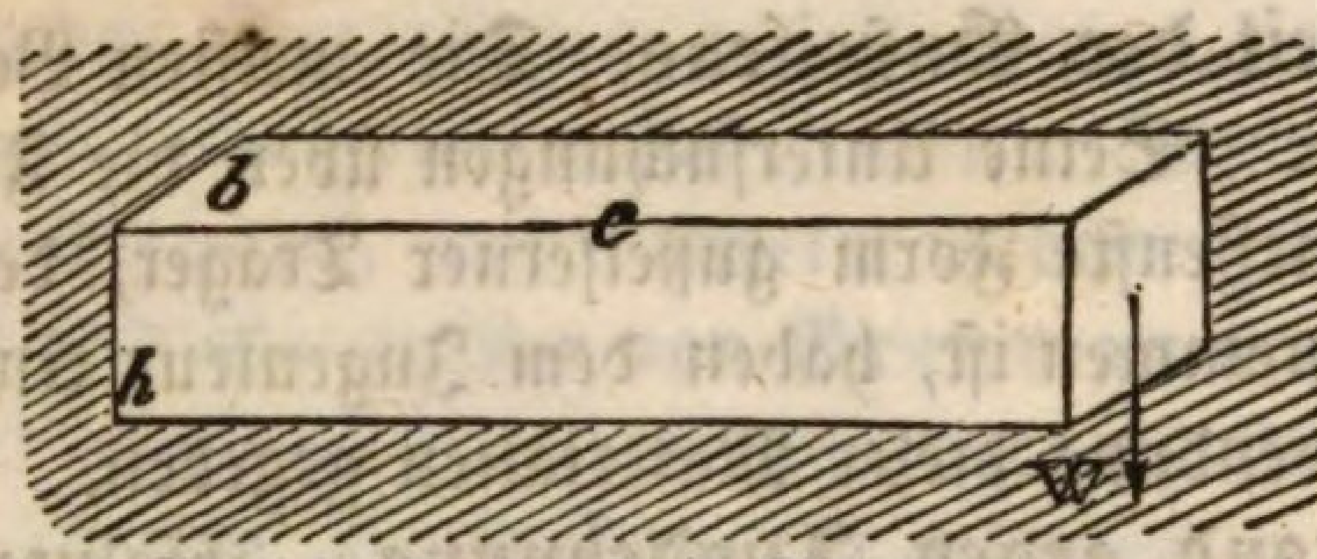
wo d′ der innere Durchmesser in Centimetern ist.

Diese Formeln setzen voraus, daß die Länge des Cylinders wenigstens 30mal so groß sey als der äußere Durchmesser. Für kürzere berechnet man die Festigkeit wie bei den kürzeren Holzsäulen (Nro. 273.), nur natürlich mit Annehmen der Werthe von W und W′ wie sie diese und die vorhergehende Nummer geben.

280. Hohe Säulen, welche an einem Ende stärker waren als am andern, oder welche gegen die Mitte hin verstärkt waren, wurden nicht stärker gefunden als cylindrische Säulen. Die Festigkeit von Stangen mit kreuzförmigem Querschnitte, wie die Kurbelstangen der Dampfmaschinen gewöhnlich geformt sind, fand Hodgkinson sehr klein, vielleicht nicht halb so groß als dasselbe Gußeisen in Form einer hohlen Säule gegeben hätte.

281. Relative Festigkeit gußeiserner Balken. Auch hier muß auf die in Nro. 274 genannten Werke verwiesen werden. Für die einfachsten Fälle dienen folgende Formeln.

Ist der gußeiserne Balken an einem Ende befestigt und am andern belastet, und ist
so ist



*) W Kilogramm das Gewicht, das er mit Sicherheit tragen kann.
l Meter die Länge des Balkens von der Stelle, wo er befestigt ist, bis dorthin, wo die Last wirkt.
b Die Breite des Balkens in Centimetern.
h Die Höhe des Balkens in Centimetern.

$$W = \tfrac{5}{4} \frac{bh^2}{l}.$$

Liegt der Balken mit beiden Enden auf, so ist

$W = 5 \dfrac{bh^2}{l}$, und wann dabei die Last gleichförmig über die ganze Länge verbreitet ist

$$W = 10 \frac{bh^2}{l}.$$

282. Nach den Versuchen von Fairbairn nimmt die Festigkeit des Gußeisens, wenn seine Temperatur von 3 Grad unter dem Eispunkte bis zu 53° der 100theiligen Scale steigt, um 10 Procente bei heiß erblasenem und um 15 Procente bei kalterblasenem Roheisen ab.

283. Hodgkinson hat viele Versuche über die zweckmäßigste Form horizontaler Träger angestellt, von deren Resultaten uns das Wichtigste zu seyn scheint, daß Träger von der ⊤ Form einen 2 bis 3mal größere Tragfähigkeit zeigen, wenn die verticale Rippe nach oben sieht, als wenn sie nach unten gerichtet ist, daß aber, was der Theorie conform ist, die Biegung in beiden Fällen bei gleicher Belastung nahe gleich groß ist. Die beste Form, welche Hodgkinson aus seinen Versuchen ableitet, übergehen wir hier, da uns diese Versuche hierüber nicht maßgebend zu seyn scheinen *).

284. Festigkeit des Schmiedeisens. Wenige andere Materialien sind in Bezug auf ihre Festigkeit so vielfältig untersucht worden als das Schmiedeisen, das die ausgedehnteste Anwendung da findet, wo wie bei Kettenbrücken, Drathseilen und dergleichen sehr große Festigkeit verlangt wird.

285. Absolute Festigkeit. Diese wechselt je nach der Art des Eisens von 1800 bis zu 9000 Kilogramm auf den Quadratcentimeter. Man kann mit Sicherheit den Quadratcentimeter mit 450 bis 1000 Kilogramm belasten, je nach der Güte des Eisens; bei Bauten, bei welchen Leichtigkeit eine besondere Aufmerksamkeit verdient, wird man die größte Belastung selbst noch weiter gehen lassen können, wenn man überzeugt ist, gutes Eisen zu erhalten; dann aber ist es zweckmäßig, die einzelnen zu verwendenden Stücke vorher besonders zu prüfen, wie das z. B. bei den Kettenstäben zu den Hängebrücken geschieht.

Eisendrath kann man mit 830 bis 1500 Kilogramm auf den Quadratcentimeter sicher belasten; Eisenblech mit 650 Kilogramm.

286. Rückwirkende Festigkeit. Sie beträgt nach den wenigen Versuchen, welche hierüber angestellt wurden, bei kurzen Stücken ungefähr 5000 Kilogramm auf den Quadratcentimeter, wonach man diese sicher mit 1000 Kilogramm belasten darf. Längere Stücke biegen sich sehr bald.

287. Relative Festigkeit. Man kann hier dieselben Formeln anwenden, wie für Gußeisen (Nro. 281). Schmiedeisen wird selten auf diese Weise verwendet, doch wird man es dort dem Schmiedeisen vorziehen, wo der Träger Stößen ausgesetzt ist.

288. Langsam zunehmende Ausdehnung des belasteten Eisens. Vicat hat Versuche hierüber mit vier Dräthen angestellt, welche er bis zu $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ ihrer absoluten Festigkeit belastete, und während 33 Monaten beobachtete. Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß jeder Draht sogleich, nachdem das Gewicht angehängt war, eine bestimmte Verlängerung annahm.

Der erste Drath, mit $\frac{1}{4}$ seiner Tragkraft belastet, fand sich am Ende der Beobachtungsperiode nicht weiter verlängert.

Der zweite Drath war zu dieser Zeit um 0,0022 seiner Länge über jene anfängliche Ausdehnung verlängert. Der dritte Draht mit der Hälfte seiner absoluteu Festigkeit belastet, war ebenso um 0,033 seiner Länge verlängert und der vierte um 0,061, immer die anfängliche Ausdehnung nicht mitgezählt.

Bei diesen Versuchen zeigte sich ferner, daß die späteren Verlängerungen mehr proportional mit der Zeit wuchsen.

---

*) Dieß ist das Urtheil des deutschen Bearbeiters. Mahan urtheilt ganz anders.

289. Vicat bemerkt zu diesen Versuchen, daß nicht ausgeglühter Eisendraht eine bleibende Verlängerung annehme, wenn er über $^1/_4$ bis $^1/_3$ seiner absoluten Festigkeit belastet wird, und daß es deßhalb wahrscheinlich sey, daß die Drathseile einer Hängebrücke, welche einem solchen Zuge ausgesetzt sind, durch die Vermehrung des Zuges, welcher sich bei der schwingenden Bewegung einer solchen Brücke ergibt, von Jahr zu Jahr ausgedehnt werden, bis sie endlich zerreißen.

290. Einfluß der Temperatur auf die Festigkeit des Eisens. Die Versuche, welche unter der Leitung des Franklin-Institutes hierüber angestellt wurden, haben einige unerwartete Resultate gegeben, da sie zeigten, daß bei hohen Temperaturen die absolute Festigkeit des Eisens bis zu einem bestimmten Punkte größer war als bei gewöhnlicher Temperatur. Das Committe sagt: „Es wurde beobachtet bei 100°, 200° und 300° (der 100theiligen Scale) und einigemal bei 0° in schmelzendem Eisen. Bei dem höchsten Grade zeigte sich, daß einige der Probestücke nur wenig, wenn überhaupt größere Festigkeit aufwiesen, als sie kalt gezeigt hatten, während andere bis nahe zum Siedepunkt des Quecksilbers (360°) erhitzt werden mußten, bis sie entschiedene Zeichen von Abnahme der Festigkeit durch das Wachsen der Temperatur gaben."

Es wird hieraus wahrscheinlich, daß ein Gesetz, das von der Festigkeit des Eisens im gewöhnlichen Zustande und bei der gewöhnlichen Temperatur ausgeht, nur sehr unsicher sich auf andere Stücke Eisen übertragen lasse. Es ist klar, daß die oben angeführte Ungleichheit in dem Verhalten des Eisens nur scheinbar seyn muß, und daß die Festigkeit, welche in der That bei 300° stattfindet, ebenso wie die welche das Eisen in dem Zustande hat, in welchem es beim Walzen oder Schmieden sich befand, unter dem Maximum der Festigkeit seyn muß.

Aus den Versuchen mit verschiedenen Stäben ergab sich, daß das Maximum der Festigkeit 15 Procent größer war als das der kalt probirten Stäbe. Bei höheren Temperaturen nahm die Festigkeit bedeutend ab.

Professor W. R. Johnson, ein Mitglied des Comittes, hat vorgeschlagen: Stäbe, welche bedeutendem Zuge ausgesetzt werden sollen, vor ihrer Anwendung einem Zuge in hoher Temperatur auszusetzen. Bei seinen Versuchen hierüber ergab sich bei fünf Stäben im Mittel ein Gewinn an der Länge der Stäbe von 5,75 Procent, an der Festigkeit von 16,64 und zusammen von 22,40 Procent.

Die besten Resultate soll man erhalten, wenn die Temperatur bis auf 300° C gesteigert wird.

291. Haften der Nägel in Holz. Ein Nagel haftet um so fester in Holz, je dicker er ist und je tiefer er eindringt. Um einen Nagel, wovon 180 auf ein Kilogramm gehen und der $2^1/_2$ Centimeter tief in Holz steckt, auszureißen, braucht man bei trocknem Eichenholze 200, bei Buchenholz 245, bei Feigenholz 115 Kilogramm. Bei trocknem Ulmenholze braucht man $^1/_4$, bei Tannenholz die Hälfte weniger Kraft, um ihn in das Hirnholz zu treiben, als man braucht, um ihn senkrecht auf die Fasern einzutreiben.

Mauerung *).

292. Mauerung (**masonry, maçonnerie**) heißt das Verfahren, Bauten aus Stein und Mörtel aufzuführen.

293. Das Mauerwerk wird nach dem Material unterschieden als Steinmauer, Backsteinmauer oder gemischte Mauer; oder nach der Art wie das Material zubereitet wird: in Mauern aus Hausteinen, gerichteten Steinen oder aus Bruchsteinen; oder endlich nach der Form des Materials: in regelmäßiges oder unregelmäßiges Mauerwerk.

294. Behauene Steine, (**cut stone, pierre de taille**). Ein Mauerwerk aus behauenen Steinen ist bei sorgfältiger Anfertigung dauerhafter und tragfähiger als jedes andere. Da aber die Bearbeitung der Steine sehr kostspielig ist, so ist diese Art Mauerwerk nur da angewendet, wo durch die Regelmäßigkeit der Massen ein architektonischer Effect hervorgebracht werden soll, oder wo große Festigkeit unumgänglich ist.

295. Ehe wir die Mittel betrachten, durch welche die größte Festigkeit eines Mauerwerkes aus Hausteinen erlangt werden kann, müssen noch einige der gebräuchlichen Benennungen erklärt werden. An einer Mauer unterscheidet man die Vorderseite (**face, parement exterieur**) und die Rückseite (**back, parement interieur**). Hat eine von diesen eine Neigung gegen die verticale Richtung, so nennt man diese den Anzug, die Böschung (**batter, inclinaison**) dieser Fläche.

Schichte (**course, assise**) heißt jede horizontale Lage Steine in der Mauer; sind die Steine jeder Schichte gleich hoch, so heißt die Mauer regelmäßig geschichtet. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen heißen die Fugen (**joint**), mit welchem Namen man auch die Seitenflächen der Steine bezeichnet. Lagerfugen (**bed, build; lit**) sind die, in welchen die Steine aufeinander zu liegen kommen, Stoßfugen die andern. Das Haupt (**head, parement**) eines Steines heißt die Fläche, welche in die Außenfläche der Mauer zu liegen kommt.

Die Anordnung der Steine jeder Schichte nennt man den Verband (**bond, appareil**). Steine, deren Haupt länger ist, als der Stein in die Mauer eingreift, heißt ein Läufer (**stretcher, carreau**); ein Stein welcher tiefer in die Mauer eingreift als der Stein lang ist, ein Binder (**header, binder; boutisse**). Ein Stein, welcher von der Vorderseite der

---

*) Vergl. auch „Vademecum" f. d. prakt. Ingenieur und Baumeister von Breymann ꝛc. ꝛc. S. 392.

Mauer bis zur Rückseite geht, heißt ein Durchbinder oder ein zweihäuptiger Stein (through; parpaing).

296. Die Festigkeit einer Mauer aus gehauenen Steinen hängt von der Größe der Steine in jeder Schichte, von der Genauigkeit des Behauens und von dem gebrauchten Verbande ab.

297. Die Größe der Steine ändert sich nach der Art der Steine und der Art des Steinbruchs. Von manchen Steinbrüchen kann man Steine von jeglichen Dimensionen erhalten; andere liefern nur kleine Steine. Wieder ist die Festigkeit mancher Steine so groß, daß sie in Blöcken von jeder Größe ohne Gefahr des Zerdrücktwerdens gebraucht werden können; andere können mit Sicherheit nur gebraucht werden, wenn Länge, Breite und Dicke in bestimmten Verhältnissen stehen. Darüber kann keine feste Regel aufgestellt werden; die, welche von den Baumeistern gewöhnlich befolgt wird, ist: für gewöhnliche Steine die Breite wenigstens gleich der Dicke, und selten größer als zweimal diese Dimension zu nehmen, die Länge aber nicht über dreimal die Dicke wachsen zu lassen. Ist die Breite oder Länge sehr bedeutend gegen die Dicke, so ist Gefahr vorhanden, daß der Stein bei unrichtiger Auflagerung oder bei ungleichmäßig vertheiltem Drucke zerbricht. Die Dicke nimmt man selten unter $^1/_3$ Meter und über $^2/_3$ Meter; Steine von dieser Dicke wiegen bei den oben angegebenen Verhältnissen 1 : 2 : 3 zwischen 400 und 3200 Kilogramm. Mit diesen Dimensionen verlangt also jeder Stein eine beträchtliche Kraft, um ihn richtig zu versetzen.

298. Für die oberste Schichte einer Mauer können die gleichen Einwendungen gegen eine zu große Länge der Steine nicht gemacht werden; hier sind im Gegentheil sehr lange Steine vortheilhaft. Die Zahl der Stoßfugen ist dann kleiner und die Mauer unter dieser Bedeckung ist geschützter. Diese ist allein an diesen Fugen exponirt, welche man nicht wasserdicht machen kann, da der Mörtel bei warmem Wetter durch die Ausdehnung der Steine zerrieben, und nachdem die Steine sich wieder zusammengezogen haben, durch den Regen ausgewaschen wird.

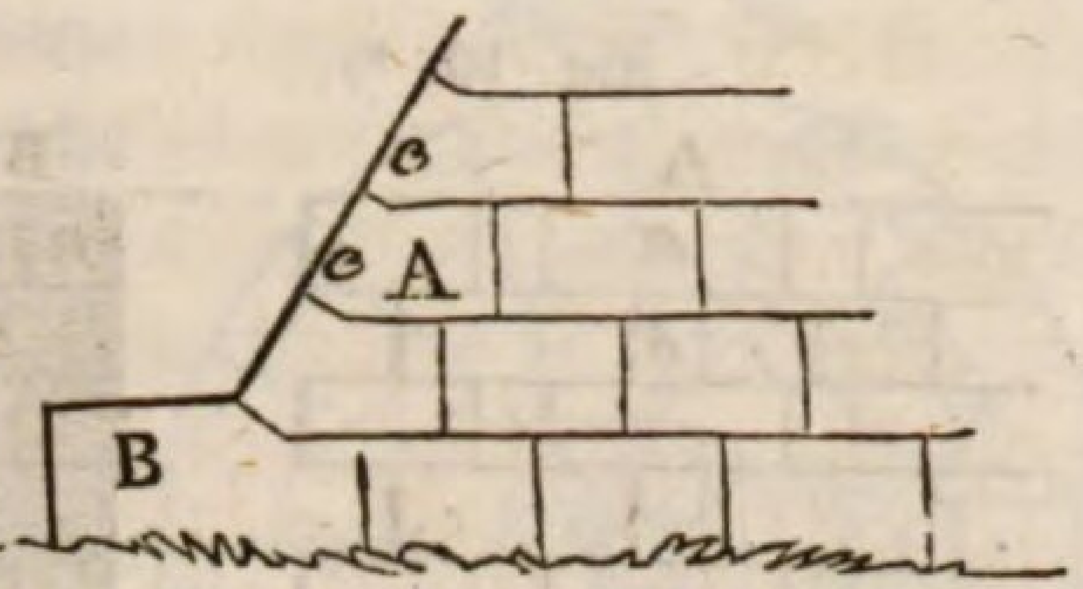
299. Der Schluß, mit welchem die Steine zusammenpassen, hängt allein von der Genauigkeit ab, mit welcher die Flächen gearbeitet sind; ist dieß schlecht geschehen, so zeigen sich nicht nur offene Fugen von ungleichem Setzen, sondern die Steine sind auch dem Zerbrechen durch Druck, der durch die nicht zusammenpassenden Lagerfugen sich ungleich vertheilt, unterworfen.

300. Die Lagerfugen sollen, als erste Bedingung, rechtwinklich auf die Richtung des Drucks seyn; bei dieser Anordnung haben die Steine keine Veranlassung, übereinander zu gleiten. In einer verticalen Mauer z. B. hat der Druck die Richtung vertical abwärts; die Lagerfugen werden also horizontal gestellt werden müssen. Die Stoßfugen werden rechtwinklich auf die Lager und auf die Häupter gestellt; auf diese Weise erhalten die Steine an den Lagern rechte Winkel und damit die größte Festigkeit. Die hier aufgestellten Sätze finden überall ihre Anwendung, was auch die Richtung des Drucks und die Form der Außenflächen sey.

301. Eine Abweichung von diesen Sätzen ist übrigens in manchen Fällen nothwendig, um die Festigkeit zu erhöhen. Eine Regel, welche aus

den Erfahrungen der Baumeister gezogen ist, setzt fest, daß ein Mauerwerk mit Winkeln, die kleiner als 60 Grad sind, weder hinreichende Festigkeit noch Dauer gegen die Einflüsse der Witterung bietet. Ist deßhalb die Dossirung einer Mauer größer als 60 Grad, was unter 7 Höhe auf 4 Basis gibt, so müssen die Lagerfugen (Fig. 8.) nicht horizontal ausgearbeitet, sondern etwa

Fig. 8. *)

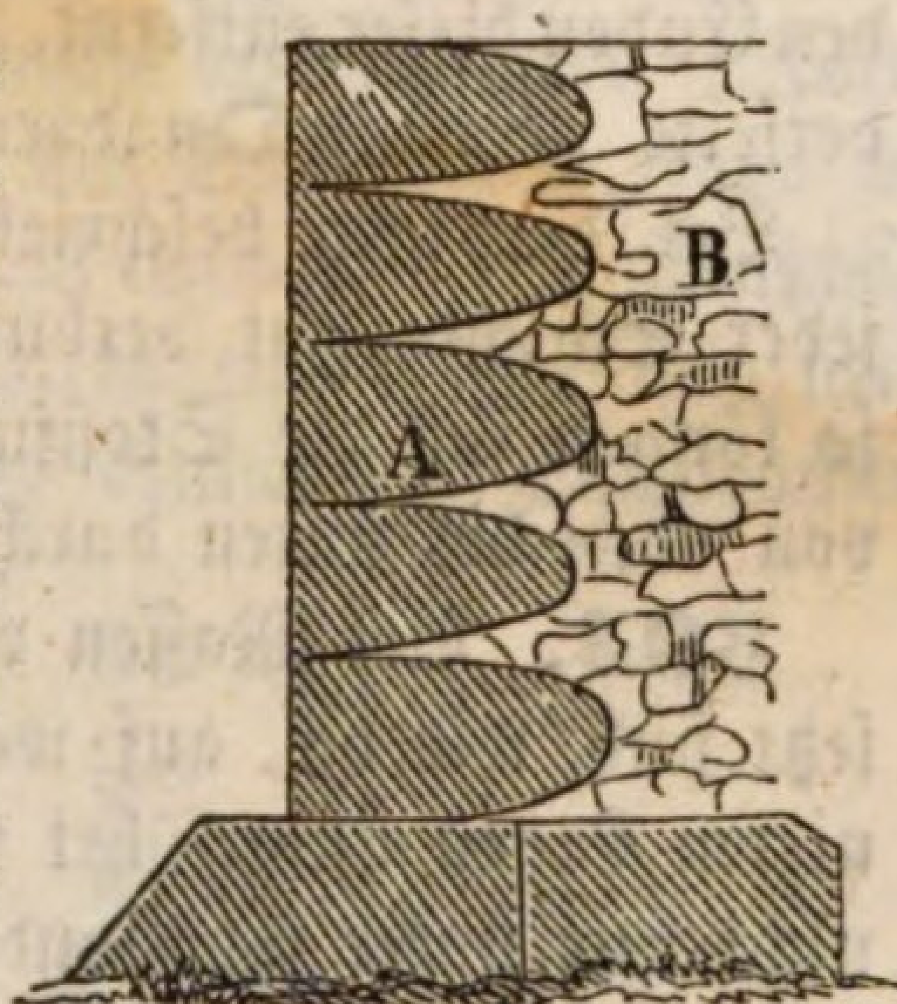


*) Fig. 8. stellt die Anordnung der Steine mit gebrochenen Lagerfugen für sehr geneigte Flächen dar.
A Hauptstein, Dossirungsquader.

0,1 Meter von dem Haupte an rechtwinklich gegen die Außenfläche gestellt werden. Da der den Mauern zu gebende Anzug selten so groß wird, beinahe nur bei Stützmauern, welche Erdanhäufungen zu halten haben, so kommen diese Fugen nur selten vor; überdieß ist es bei Mauern mit stark geneigter Fläche im Allgemeinen ökonomischer, die Außenfläche staffelförmig zu gestalten, indem man die obere Schichte gegen die untere soweit zurücksetzt, daß die Neigung der Mauer erreicht wird. Diese Anordnung hat noch den Vortheil, das Regenwasser von der Fuge abzuleiten, wenn die Stufen etwas abgeschrägt werden.

302. Die Steinhauer, welche nicht sorgfältig überwacht werden, verwenden häufig nicht die gehörige Sorgfalt auf die Lagerfugen, sondern bearbeiten diese, geschlossene Fugen zu erhalten (Fig. 7.) nur auf wenige Zolle vom Haupte weg sorgfältig, und hauen dann den Stein gegen den Rücken, den Schweif (tail; queue) hin, keilförmig zu, so daß er nach dem Versetzen mit den anliegenden Steinen nur in einer schmalen Fläche in Berührung steht. Dieser Gebrauch ist in jeder Hinsicht verwerflich; denn, in erster Linie, gibt er eine tragende Fläche,

Fig. 9. *)



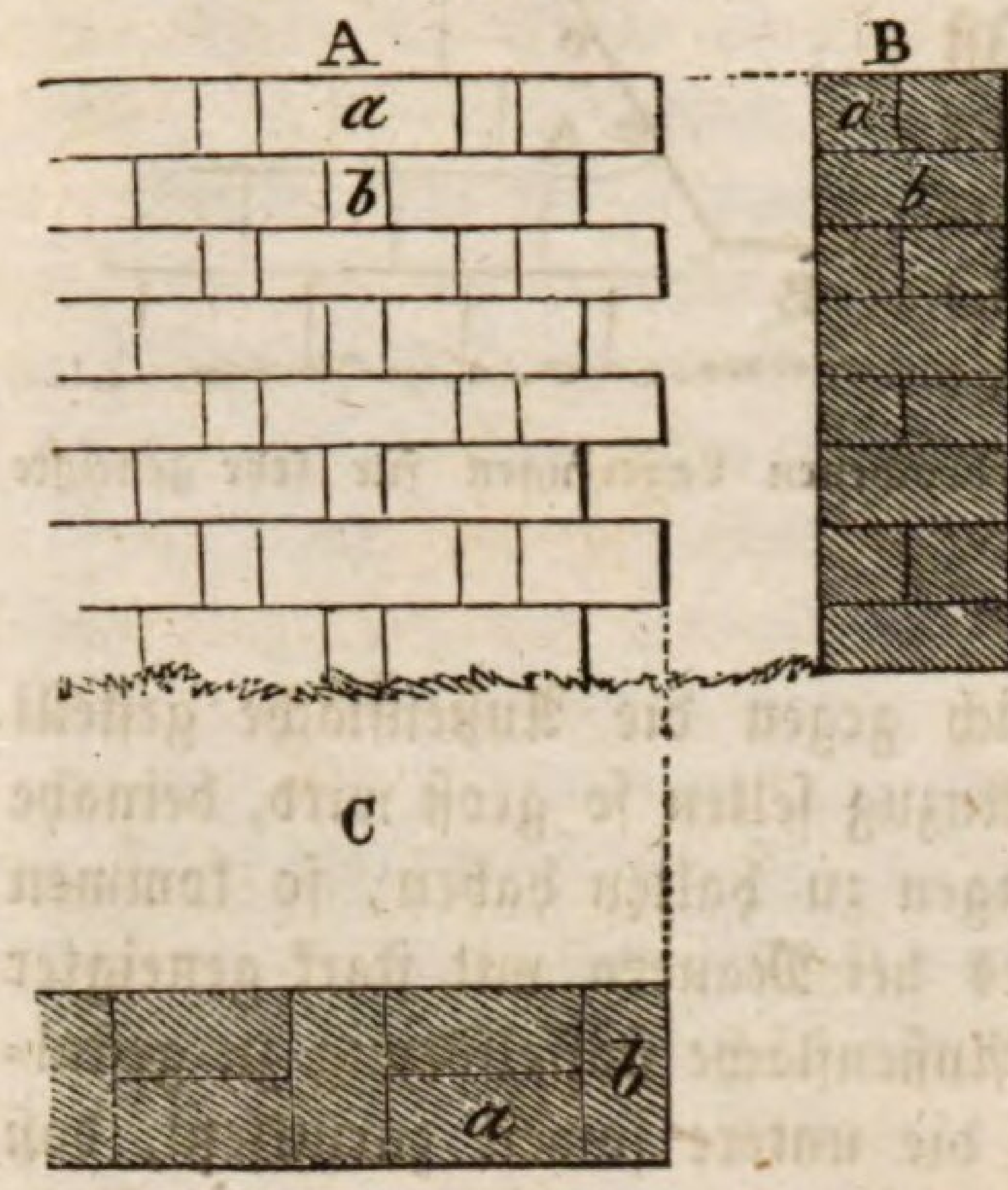
*). Fig. 9. zeigt den Durchschnitt einer Mauer, welche nach außen mit gehauenen Steinen bekleidet ist, die nach innen keilförmig sind; die Rückseite der Mauer ist von Bruchsteinen.
A Quader.
B Bruchsteinmauer.

deren Ausdehnung für den Druck gewöhnlich viel zu klein ist, wodurch ein Abspringen der Kanten veranlaßt wird; dann ist dabei der Stein, um ihm die richtige Lage zu geben, mit kleinen Steinschiefern oder hölzernen Keilen unterstützt, welche den Druck auf wenige Punkte vereinigen und so das Brechen des Steines verursachen.

303. Ist die Fronte der Mauer von Quadern und die Rückseite von Bruchsteinen, so kann die Keilform der Quader erlaubt werden, um eine bessere Bindung zwischen den Quadern und den Bruchsteinen zu erlangen, allein dann sollten die Lager der Quader wenigstens auf 0,3 Meter vom Haupte weg richtig gehauen seyn. Ist dann ein Grund vorhanden, daß die Rückseite hinausgeschoben werde, so ist es besser, statt alle Quader nach

hinten dünner zu machen, einige gegen die Rückseite dicker zu lassen als den behauenen Theil.

Fig. 10. *).



304. Für den Verband der Quader hat man mehrere Methoden befolgt. Läufer und Binder lassen die Stoßfugen einer Schichte mit denen der obern und untern Schichte abwechseln (sich überdeckende Fugen, **break joints**), und geben den einfachsten und in vielen Fällen hinreichend soliden Verband. Hierbei (Fig. 10.) werden die Steine jeder Schichte abwechselnd mit ihren größten und ihren kleinsten Flächen in die Außenfläche der Mauer genommen. Die Stoßfugen einer Schichte liegen hierbei entweder gerade über der Mitte der Steine der vorhergehenden Schichte, oder wenigstens 0,1 Meter von

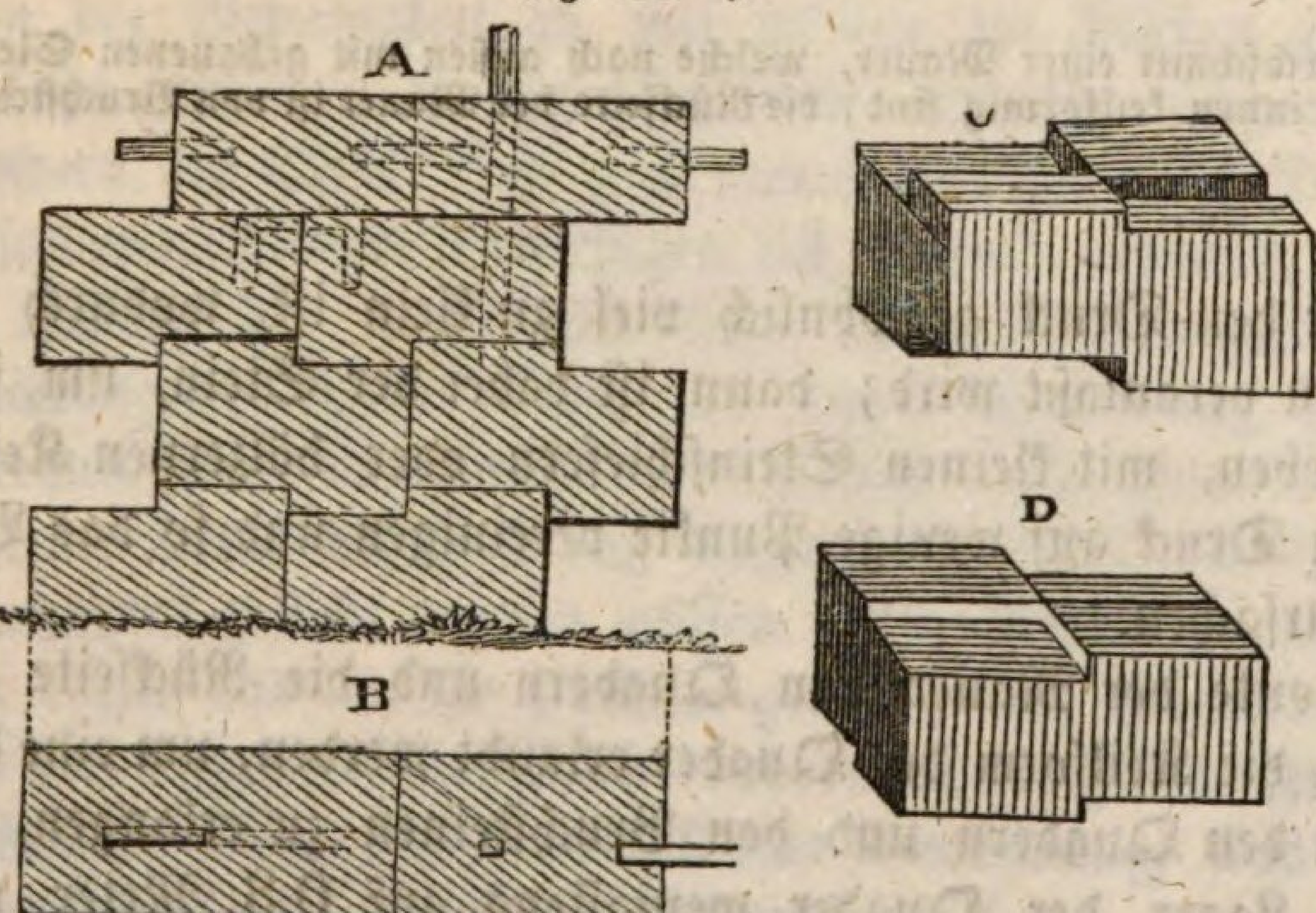
*) Fig. 10. zeigt, **A** die vordere Ansicht,
B den Querschnitt und
C den Grundriß einer aus Läufern und Bindern zusammengesetzten Mauer.
a Läufer.
b Binder.

den Enden dieser entfernt. Ist die Hintermauerung von Bruchsteinen, die Vorderseite aber von Quadern, so werden die Binder in gleicher Weise angebracht.

Bei der hier beschriebenen Anordnung sind die Vorder- und Rückseite jeder Schichte gut verbunden, und wenn ein ungleiches Setzen vorkommt, so können sich die Stoßfugen nicht öffnen, wie dieß der Fall wäre, wenn sie von oben bis unten durch die Mauer durchgingen.

305. Bei Massen von Quadersteinen, welche heftigen Stößen ausgesetzt sind, wie die, auf welchen Leuchtthürme und Seedämme in sehr exponirten Lagen aufgeführt werden, müssen die einzelnen Steine einer Schichte nicht nur unter sich, sondern auch die Schichten miteinander verbunden werden. Man hat hierzu mehrere Mittel benutzt.

Fig. 11. *).

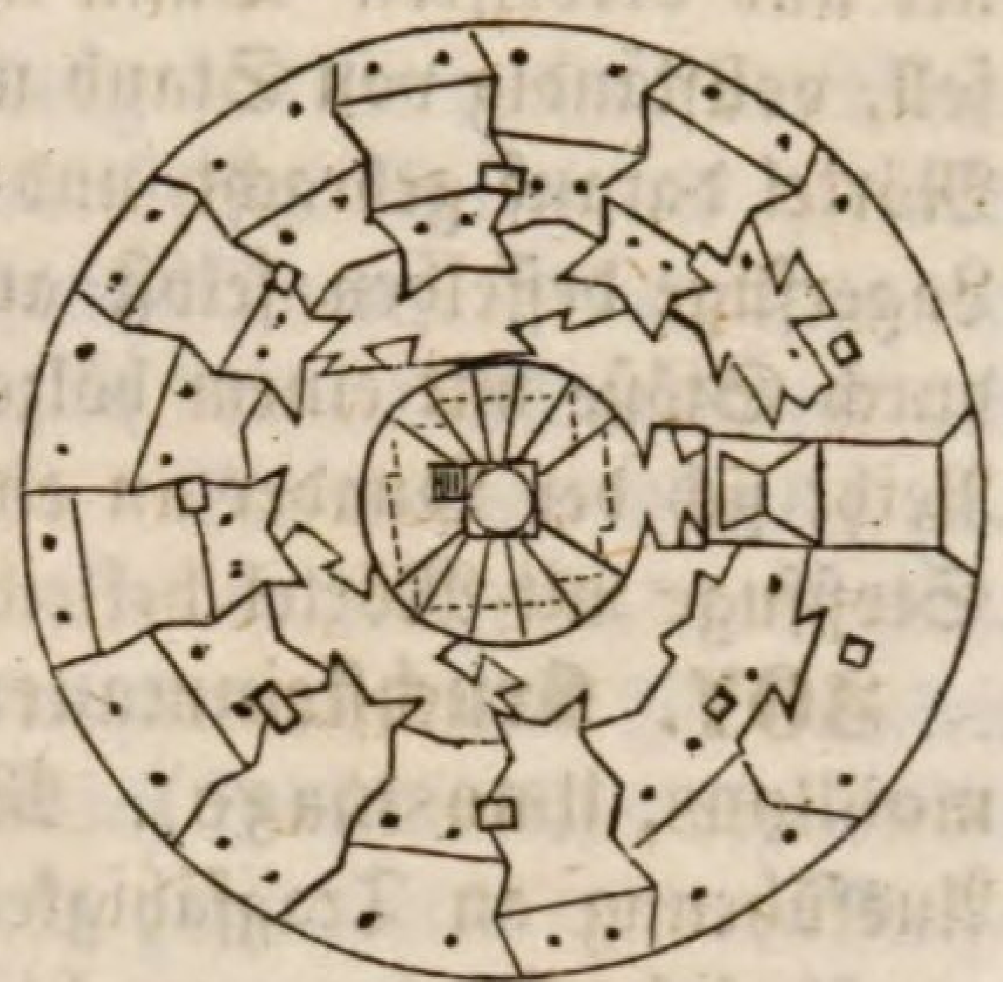


Die Lager einer Schichte erhalten zuweilen Hervorragungen (Fig. 11.), welche in entsprechende Vertiefungen der nächsten Schichte passen. Eiserne Klammern in der Form des Buchstaben **S** oder einer andern passenden Form

*) Fig. 11. zeigt einen Aufriß **A**, und Grundriß **B**. einer Mauer, in welcher die Steine verzahnt, und durch Klammern und Bolzen von Eisen verbunden sind. **C** und **D** sind perspektivische Ansichten zweier Steine.

sind in zwei Steine derselben Schichte über die Stoßfugen eingelassen und mit geschmolzenem Blei befestigt. Löcher werden zuweilen durch mehrere Schichten abwärts gebohrt und die Steine dieser Schichten durch eiserne Bolzen, welche durch diese Löcher gehen, und Keile oder Schrauben zusammengehalten.

Fig. 12. *).

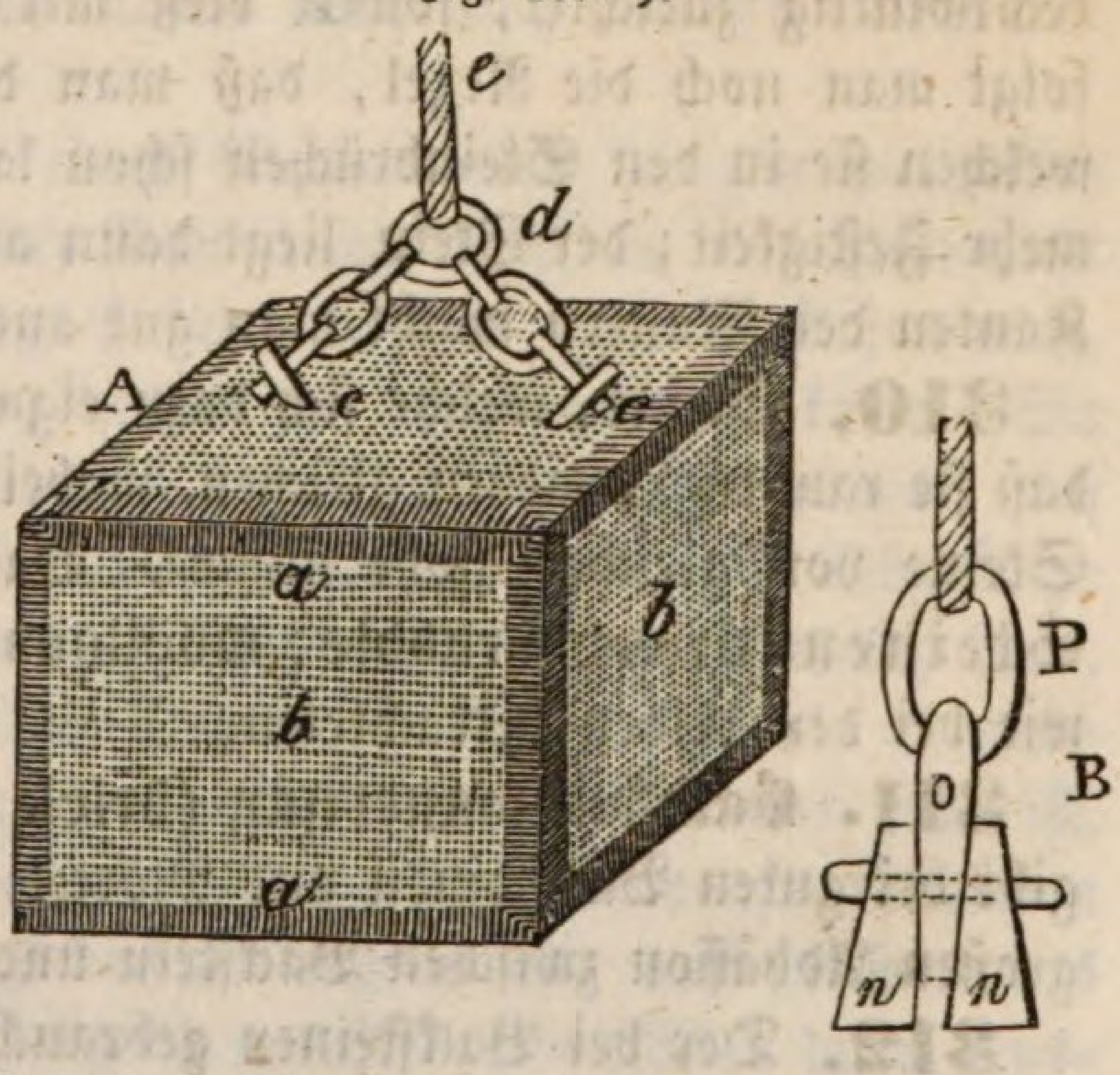


Die bekanntesten Beispiele dieser Art, den Verband der Quader fester zu machen, sind in den Werken der Römer uns erhalten worden, und finden sich an zwei berühmten Werken der neuern Zeit, dem Eddystone- und dem Bellrock-Leuchtthurme in Großbritannien.

*) Fig. 12. zeigt die Anordnung der Steine einer horizontalen Schichte aus dem Fundamente des Bellrock-Leuchtthurmes. Die Steine sind durch schwalbenschwanzförmige Stoßfugen, durch Federn von Stein und durch Nägel von Eichenholz verbunden; die letztern befestigen die obere Schichte an die untere.

306. Die Kunst, die Steine zu bearbeiten, ist die des Steinhauers; aber der Ingenieur muß auf die Genauigkeit, mit der das Behauen ausgeführt ist, und auf die hierzu gebrauchten Mittel achten. Die Werkzeuge des Steinhauers sind: Meisel, Spitzeisen und Schlageisen genannt, dazu ein Klöpfel, dann der Zweispitz, der Kronhammer und die sogenannte Fläche, eiserne Lineale und Winkel. Zuerst werden die Kanten ringsum angehauen, dann die Diagonalen, was mit dem Schlageisen und dem Klöpfel geschieht, worauf man mit dem Spitzeisen und dem Zweispitze die zwischenliegenden Flächen in eine Ebene mit jenen Kanten bringt. Der Kronhammer und die Fläche dienen zur Wegschaffung der kleinen Spitzen, welche übrig bleiben.

Fig. 13. *).



In große Steine, welche nur mit Hilfe von Maschinerie versetzt werden können, haut man eine Höhlung von der Form eines umgekehrten Keils ein, die ein kleines eisernes Instrument, die Steinzange (**lewis, louve**) aufnimmt, welches an einem Seile zum Aufziehen des Steins befestigt ist. Soll ein Quader versetzt werden, so hat man zuerst das Behauen zu prüfen, was dadurch geschehen kann, daß man ihn auf sein Lager bringt und sieht,

*) Fig. 13. zeigt A, eine perspektivische Ansicht eines Quaders mit den Schlägen ringsum, dessen Flächen gespitzt oder gekrönt sind nebst der Verrichtung zum Aufziehen.
B ist die gewöhnliche Steinzange.
a Schläge rings um den Stein.
b gekrönte Flächen.
e eiserne Bolzen, welche in schiefe Höhlungen des Steins gelegt sind.
d und c Kette und Seil zum Aufziehen.
n, n Seitentheile des Mittelstücks des eisernen Rings zur Befestigung des Seils.

ob die Fugen zusammenpassen und ob sein Haupt in die Fläche der Mauer zu liegen kommt. Paßt der Stein nicht ganz, so werden seine Fehler bezeichnet und verbessert. Dann wird das Lager, auf welches der Quader kommen soll, vollständig von Staub u. dergl. gereinigt, gut angenäßt, eine Lage dünner Mörtel darauf gebracht und darauf der Quader gelegt, nachdem zuerst die Lagerfuge desselben selbst auch gut genäßt wurde. Der Quader wird dann durch Stöße mit einem hölzernen Schlägel oder einer Katze niedergeschlagen. Reiht sich der Quader an einen andern derselben Schichte, so wird auch die Stoßfuge mit Mörtel bekleidet, wie dieß beim Lager geschah.

307. Bruchsteinmauerung (rubble stone masonry; maçonnerie de moëllons, limosinage). Mit gutem Mörtel entspricht diese bei sorgfältiger Ausführung an Tragfähigkeit und Dauer allen Anforderungen, welche an gewöhnliche Bauten gemacht werden, und ist dabei viel weniger kostspielig als Quadermauer.

308. Den Steinen werden hierzu vorerst alle scharfen und deßhalb schwachen Winkel mit dem Hammer abgeschlagen, worauf der Stein von Staub gereinigt und genäßt wird, ehe man ihn an seine Stelle bringt. Das Lager wird bereitet, indem man über die untere Schichte eine reichliche Menge von gutem Mörtel ausbreitet, in welchen der Stein fest eingelagert wird. Die Zwischenräume zwischen den größeren Steinen werden mit kleinen Bruchstücken von Steinen ausgefüllt, welche man in den Mörtel eindrückt. Zuletzt wird die ganze Schichte gut mit Mörtel übergossen, ehe man eine neue anfängt, so daß alle Räume zwischen dem Stein und Mörtel vollends ausgefüllt werden.

309. Um der Mauer mehr Festigkeit zu geben, sucht man auch bei Bruchsteinen mehr oder weniger die Regeln zu befolgen, welche man für die Quadermauerung aufgestellt hat, wozu man die Steine mehr oder weniger rechtwinklig zurichtet, soweit dieß mit dem Hammer allein geht. Dabei befolgt man noch die Regel, daß man die Steine auf die Flächen legt, auf welchen sie in den Steinbrüchen schon lagerten; sie gewähren in dieser Lage mehr Festigkeit; der Stein liegt dann auf seinem Lager (quarry bed). Die Kanten der Mauern macht man gut aus Hausteinen.

310. Steine, welche sich dazu eignen, richtet man mit dem Hammer so, daß sie rauhen Quadern gleichen, wobei man namentlich in eine Schichte nur Steine von gleicher Höhe nimmt. Das Mauern mit diesen gerichteten Steinen (dressed rubble; moëllons piqués) geschieht auf dieselbe Weise, wie bei den beiden betrachteten.

311. Backsteinmauerung (brick masonry; maçonnerie de briques) gibt bei guten Backsteinen und Mörtel große Festigkeit und Dauer, was der großen Adhäsion zwischen Backstein und Mörtel zuzuschreiben ist.

312. Der bei Backsteinen gebrauchte Verband ist von mancherlei Art, je nach dem Charakter des Baus. Die gewöhnlichsten Arten sind folgende beide. Bei der ersten ordnet man die Backsteine in einer Schichte alle als Läufer, in der darauf folgenden alle als Binder an, wobei man aber Acht hat, daß sich die Stoßfugen kreuzen; bei der zweiten wechselt man in jeder einzelnen Schichte mit Läufern und Bindern ab. Die erste Art gibt einen bessern Ver-

band als die letzte, bei welcher fortlaufende Fugen weniger zu vermeiden sind; aber die zweite Art gibt eine schönere Außenseite, weßhalb sie hier vorzugsweise verwendet wird.

313. Holz und Eisen hat man zur Verstärkung des Verbandes bei Backsteinmauern verwendet. Unter den bemerkenswerthesten Beispielen hiervon sind das Treppenhaus, das den Eingang zum Themse-Tunnel bildet, und ein Versuchsbogen von demselben Brunel, welchen er in dem **Civil Engineer and Architect's Journal Nro. 6, vol. I.** beschreibt. Bei beiden Bauten gebrauchte Brunel Dachlatten und Reifeisen im Innern der horizontalen Schichten, um zwei aneinander stoßende Schichten zu verbinden. Die Wirksamkeit dieser Art des Verbandes hat außerdem Brunel durch Versuche erprobt, welche er über die relative Festigkeit eines aus Backsteinen gemauerten und mit Reifeisen gebundenen Balkens anstellte.

314. Der Mörtel zu Backstein kann von gewöhnlicher Dicke oder dünner seyn; das letzte ist das beste, da es geschlossenere Fugen gibt und der dünnere Mörtel nicht so schnell trocknet als der dickere. Da die Backsteine viel Wasser aufsaugen, so ist es gut, diese nicht nur vor dem Gebrauche zu nässen, sondern sie mehrere Stunden in Wasser zu legen. Hierdurch wird der Mörtel zwischen den Fugen sehr fest werden, wogegen der trockene Stein schnell das Wasser des Mörtels aufsaugt und nur ein trockenes Pulver in den Fugen läßt, das keine Bindung gibt.

Gründungen.

315. Der Name Gründung (**foundation, fondation**) bezeichnet das Verfahren, durch das die untersten Schichten eines Bauwerkes hergestellt und auf eine Unterlage gestellt werden, und häufig auch diese Unterlage selbst. Die untersten Schichten eines Mauerwerkes nennt man auch das Fundament des Bauwerkes.

316. Die Dauer und Festigkeit eines Mauerwerkes hängen wesentlich von der Art der Gründung ab. Bei der Anordnung derselben muß man nicht nur die dauernden Pressungen im Auge haben, welchen sie widerstehen muß, sondern ebenso die zufälligen Angriffe, denen sie ausgesetzt seyn kann. Sie sollte unter allen Umständen so weit unter die Oberfläche des Bodens, auf dem sie ruht, angebracht seyn, daß sie niemals unbedeckt ist; die Oberfläche der Gründung sollte immer rechtwinklig auf die Richtung des Druckes seyn, den sie zu tragen hat, und der mittlere Druck sollte so weit in die Grundfläche der Gründung fallen, daß diese gegen das Umkanten vollkommen sicher ist.

317. Der erste Schritt zur Bestimmung der Art der vorzunehmenden Fundamentirung ist die Untersuchung des Untergrundes, auf welchem das Bauwerk errichtet werden soll. Dieß kann in gewöhnlichen Fällen durch Ausgraben einer Grube geschehen; wo aber der Untergrund aus verschiedenen Schichten besteht, und wo das Bauwerk besondere Vorsicht erfordert, muß man den Boden durch Schlagen von Bohrlöchern mit den hierzu üblichen Werkzeugen untersuchen.

318. Bezüglich auf vorzunehmende Gründungen wird der Boden ge-

wöhnlich in drei Klassen gebracht: Die erste umfaßt den nicht zusammendrückbaren Grund, oder den, welcher wenigstens nur so viel zusammendrückbar ist, daß dadurch die Stabilität auch der schwersten auf ihn gestellten Massen nicht leidet, wobei der Grund zugleich nicht seitwärts gleitet. Feste Felsen, einige Tuffe, compacter Steinboden, harter Thon, der nur dem Pickel weicht, gehören hierher.

Die zweite Klasse enthält den Boden, der zwar unzusammendrückbar ist, aber sich seitwärts auszubreiten sucht und deßhalb eingegränzt werden muß; Kies und reiner Sand gehören hierher.

Die dritte Klasse endlich besteht aus allen Arten zusammendrückbarem Boden, wohin der gewöhnliche Thon, die gewöhnlichen Erden und Sumpfboden gehören. Einige der hierher gehörigen Bodenarten sind mehr oder weniger dicht und sind nur bis zu einem bestimmten Grade compressibel, wie die meisten Arten Thon und Erde; andere sind beinahe flüssig und geben leicht nach jeder Richtung hin nach.

319. Um auf einen Felsen zu gründen, untersucht man zuerst die Dicke der Schichten des Felsens, wenn einige Zweifel vorhanden sind, daß der Fels zu schwach wäre; sind die Schichten dünn, so ist es gut, durch ein Probegewicht, welches wenigstens zweimal so groß als die zukünftige bleibende Belastung des Felsens seyn muß, sich von dessen hinreichender Tragfähigkeit zu überzeugen. Darnach wird der Fels zur Aufnahme des Fundamentes vorbereitet, indem man seine Oberfläche ausebnet, dadurch daß man alle hervorragenden Spitzen wegsprengt und die Höhlungen mit Bruchstein oder mit Beton ausfüllt; dabei entfernt man sorgfältig die Schichten, welche Spuren von Verwitterung zeigen. Die so hergestellte Fläche soll noch überdieß senkrecht auf die Richtung des später zu tragenden Druckes seyn, also z. B. horizontal, wenn der Druck vertical ist. Ist die Oberfläche sehr schief gegen die Richtung des Druckes, so bringt man die Oberfläche des Felsens in Staffeln, deren Flächen senkrecht auf die Richtung des Druckes und damit parallel stehen. Sind Spalten und Höhlungen vorhanden, welche man ihrer Ausdehnung wegen nicht mit Beton oder Mauerwerk ausfüllen kann, so baut man einen Bogen über diese Spalte, welcher die über ihm liegende Last zu tragen hat.

Die schieferigen Felsen erfordern viele Sorgfalt bei ihrer Vorrichtung zu einer Gründung, indem die obern Schichten des Felsens meist bis zu mehr oder weniger Tiefe vom Froste gelitten haben.

320. Bei steinigem Boden und hartem Thone wird die Gründung damit begonnen, daß man eine Grube ausgräbt, die weit genug ist, das Fundament aufzunehmen, und tief genug, um den dichten Boden, bis zu dem der Frost nicht eingedrungen ist, zu erreichen; 4 bis 6 Fuß ist in der Regel tief genug.

321. Bei dicht liegendem Kiese oder Sand, wo ein Nachgeben zur Seite nicht zu vermuthen ist, weder durch die Wirkung des Regens noch auf irgend eine andere Weise, kann wie im vorhergehenden Falle gegründet werden. Wo aber der Boden schwimmend ist, da muß der Boden, auf welchem der Bau angefangen werden soll, an dem seitlichen Ausweichen durch eine Begrenzung mit eingetriebenen Bohlen oder auf andere Weise verhindert werden.

322. Beim Gründen auf festen Sand wird zuweilen ein Holzgerüste

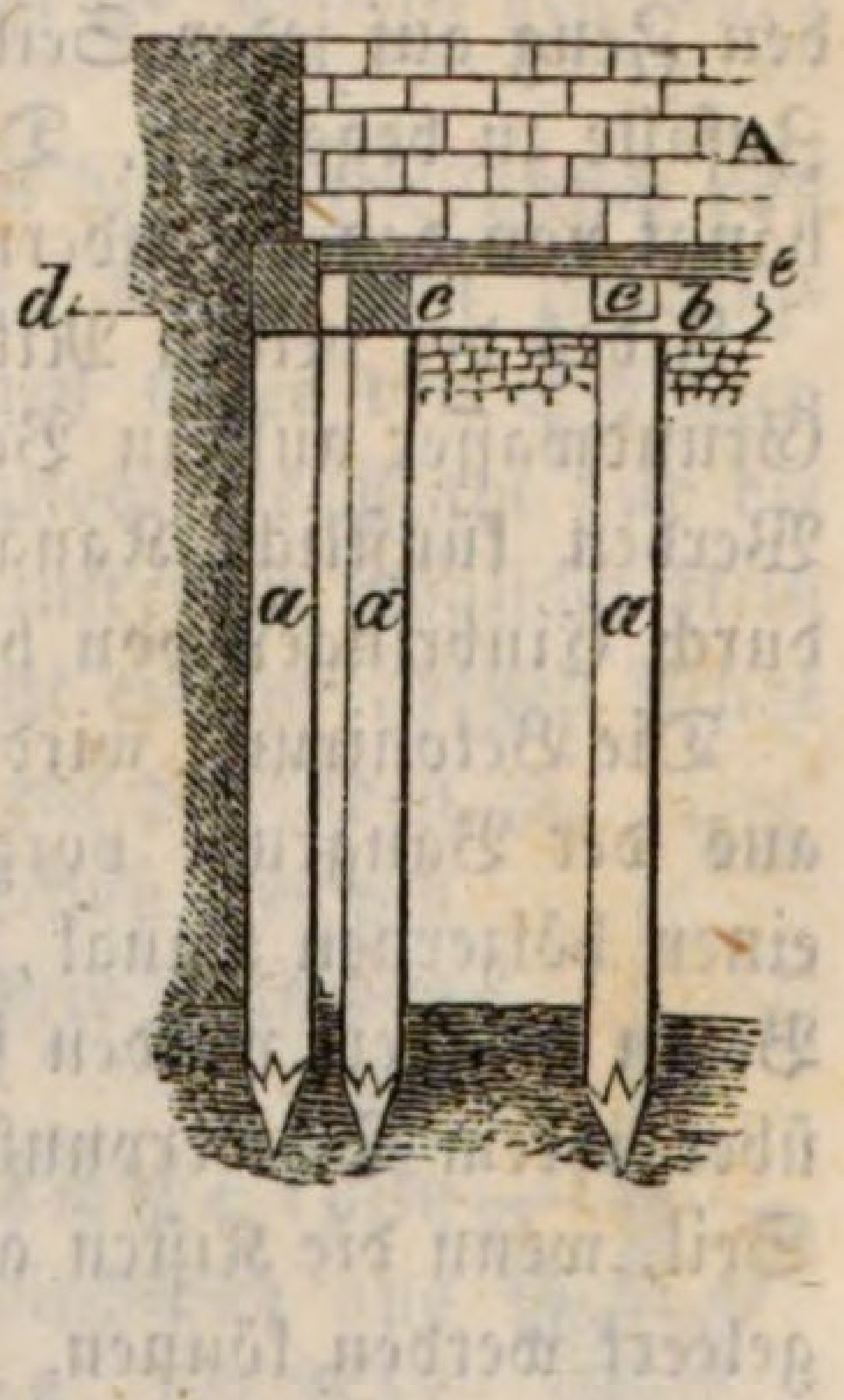
auf den Boden gelegt, um den Druck über dem Boden gleich zu vertheilen. Das scheint aber unnöthig zu seyn; denn wenn die Bodenschichte des Mauerwerkes wohl versenkt in ihr Lager ist, so ist ein ungleiches Senken von einem darauf kommenden Gewicht nicht wohl anzunehmen, während dieß der Fall wäre, wenn auf irgend eine Weise ein Stück Holz der Unterlage wegkäme. Hat das Sandbett Sprünge, so muß man diese ausfüllen und einen Rost oder besser noch eine Lage von Beton als Unterlage für das Fundament anwenden, und diese Unterlage nach allen Seiten durch Mauern oder Betonschichten schützen.

323. Wenn beim Eröffnen einer Baugrube Wasser in solcher Menge eindringen, daß die Werkleute nicht arbeiten können, und die Grube kann mit Hilfe von Pumpen oder Wasserschaufeln nicht trocken erhalten werden, so muß man auf jeder Seite eine Reihe von Bohlenpfählen eintreiben, bis etwas unter die Tiefe, in welcher gegründet werden soll, worauf man den Sand auf der Außenseite herausschafft und seinen Platz mit Letten ausstampft, um so einen wasserdichten Verschluß rings um die Baugrube zu erhalten. Dann wird das Ausgraben von dieser begonnen; sieht man daß das Wasser am Boden stehen bleibt, so gräbt man nur einen kleinen Theil aus, legt dort die untersten Schichten und fährt dann mit dem weiteren Ausgraben so schnell, als die Arbeiter das Fundament ohne zu großen Wasserzudrang legen können, fort.

324. Das Gründen auf zusammendrückbarem Boden erfordert besondere Sorgfalt, besonders wenn der Boden nicht gleichförmig ist, und an einer Stelle mehr Widerstand zeigt als an der andern; in diesem Falle ist es sehr schwierig, ein ungleiches Setzen zu vermeiden.

325. Bei gewöhnlichem Thon oder Erde wird ein Graben von geeigneter Weite ausgeworfen, welcher in der Tiefe die vom Froste unberührten Schichten erreicht; die Sohle des Grabens wird dann zur Aufnahme des Fundamentes geebnet. Dieses wird nun entweder unmittelbar auf die Erde oder auf einen Rost (grillage) gelegt. Im ersten Falle müssen die Steine durch Einschlagen mit einer schweren Handramme tüchtig gesetzt werden. Im zweiten Falle wird ein Rost von Holz (Fig. 12.) gelegt, welcher aus Langschwellen, die durch mit jenen verkämmte Querschwellen verbunden sind, besteht. Die Zwischenräume, welche die Schwellen lassen, werden fest mit Erde ausgestampft, und dann auf den Rost ein Boden aus dicken Bohlen (platform) gelegt, welcher das Fundament trägt. Der Zweck des Rostes ist die gleichmäßigere Vertheilung des Druckes über die ganze Bodenfläche der Grube und das Verhindern des Abgleitens irgend eines Theils.

Fig. 12. *)



*) Fig. 12 stellt einen Rost auf Pfählen dar.
A Mauerwerk.
aa Pfähle.
b Langschwellen.
c Querschwellen
d Kopfstück, der Holm.
e Boden von Bohlen.

326. Wiederholtes Fehlschlagen der Gründungen auf Röste, entweder durch Zerdrücken der Holzfaser, oder durch seitlichen Schub, der durch ungleichen Widerstand des Untergrundes veranlaßt wurde, hat das Vertrauen auf diese erschüttert; und jetzt ziehen es die Ingenieure vor, auf eine Betonschicht zu gründen, welches verläßlicher ist als das Gründen auf einen hölzernen Rost, beides in gleichmäßig wie in ungleichmäßig nachgebendem Boden.

327. Die Herstellung eines Betongrundes hängt von den besondern Umständen des Einzelfalles ab. Gewöhnlich kann der Beton in eine Grube gegossen und sorgfältig in Schichten von 15 bis 24 Centimetern Dicke eingestampft werden, bis sich halbflüssiger Mörtel über der Schichte zeigt. Soll die Grundfläche breiter seyn als die obere Fläche, so werden die Seiten zweckmäßig eingewandet. Wird eine Schichte am einen Ende unvollendet gelassen, und es wird eine zweite auf diese gebracht, so bildet man am unvollendeten Ende eine Staffel, um bei der Fortsetzung dieser Schichten einen bessern Verband zu erhalten.

Viel Beton wird erspart, wenn man große Blöcke in die Schichten so vertheilt, daß man das Einstampfen des Beton rings um diese Blöcke mit der Handramme ohne Schwierigkeit und vollständig bewerkstelligen kann.

Kommen Quellen aus dem Boden, über welchen der Beton verbreitet werden soll, so muß das Wasser in künstlichen Kanälen von der Betonschichte weggeleitet werden, wodurch das Wasser abgehalten wird, durch diese aufzusteigen und den Kalk auszuwaschen, oder man bringt auf die Bodenfläche ein festes, wasserdichtes Tuch, auf welches dann der Beton kommt.

Die Kanäle zur Ableitung des Wassers werden entweder halbkreisförmig in Steine gehauen oder aus halbkreisförmigen Röhren von Eisen oder aus Hohlziegeln gebildet. Eine hinreichende Zahl dieser Kanäle führt das Wasser ab, wie es die Quelle liefert.

Ein wasserdichter Zeug kann aus starkem Segeltuch durch Behandlung mit Asphalt und einem trocknenden Oele bereitet werden. Es ist gut, wenn man den Zeug auf jeder Seite mit gewöhnlichem Segeltuche bekleidet, um jedem Zufalle zu begegnen. Die Art wie dieser Zeug auf den Boden gebracht wird, hängt von den besondern Umständen ab.

Jedes der beiden Mittel, die angegeben wurden, um die Einwirkung der Grundwasser auf ein Betonlager abzuwenden, ist mit Erfolg erprobt worden. Werden künstliche Kanäle gebraucht, so kann man diese später vollständig durch Einbringen von halbflüssigem Cemente verstopfen.

Die Betonirung wird häufig ohne vorhergehendes Auspumpen des Wassers aus der Baugrube vorgenommen. Hierzu wird entweder der Beton durch einen hölzernen Kanal, der bis nahe an den Grund reicht, auf welchen der Beton gelagert werden soll, oder er wird in Kisten eingesenkt, welche etwas über ihrem Schwerpunkte aufgehängt sind, und leicht durch ein besonderes Seil, wenn die Kisten an Ort und Stelle sind, umgekehrt und dadurch ausgeleert werden können. Damit dieses regelmäßig geschieht, sind Löcher im Boden der Kiste angebracht, durch welche nach dem Umkehren das Wasser eintreten kann.

Der Beton muß regelmäßig in fortlaufenden Schichten gelegt werden, und

eine Stelle nicht eher verlassen werden, bis die Schichte die gehörige Dicke erlangt hat. Einiger Kalk spühlt sich immer aus, welcher bald als kohlensaurer Kalk niedersinkt und einen dünnen, pulverigen Niederschlag bildet, welcher das Binden des schon erhärteten Betons mit neu aufgegossenem hindert. Deßhalb muß man wie oben angegeben verfahren und auch zuweilen diese Hefe durch Baggern entfernen.

328. Auf sumpfigem Boden ist die Herstellung eines festen Grundbettes, das dem Baue hinreichende Stabilität gewährt, von großer Schwierigkeit. Im Folgenden sind einige der Anordnungen aufgezählt, welche mit Erfolg angewendet worden sind.

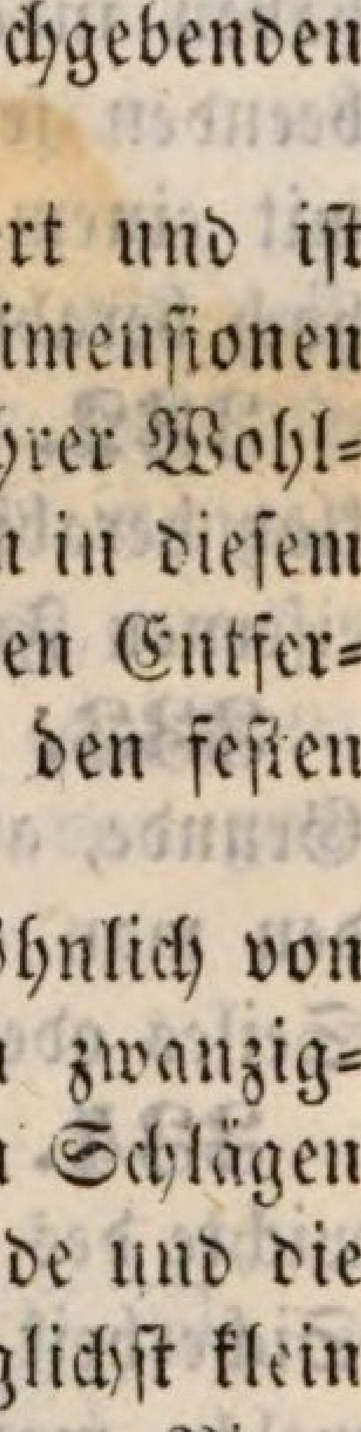
Kurze Pfähle von 2 bis 4 Meter Länge und 0,15 bis 0,22 Meter Seite werden so nahe nebeneinander eingeschlagen, als sie zusammengedrängt werden können, und dieß über eine Fläche, die beträchtlich größer ist als die, welche welche später das Bauwerk einnehmen soll. Die Köpfe der Pfähle werden genau in eine Ebene gebracht, um einen Rost zu tragen, oder es wird eine 1 bis 2 Meter dicke Schichte von Thon über die gepfählte Fläche gebracht, welche man in Schichten von 0,3 Meter Dicke tüchtig einstampft. Durch das Eintreiben der Pfähle wird der Grund zwischen denselben dicht zusammengepreßt und der Rost oder die Thonschichte soll den Druck gleichmäßig vertheilen. Beide werden ganz zweckmäßig durch eine Betonschichte ersetzt.

Der Zweck der kurzen Pfähle ist hier ein anderer als bei den gewöhnlichen Pfahlgründungen, wo die Pfähle den Druck auf einen nicht nachgebenden Grund übertragen sollen.

329. Ist ein fester Grund von einem nachgebenden überlagert und ist die Dicke des letztern so, daß man mit Pfählen von gewöhnlichen Dimensionen den ersten erreichen kann, so sollten diese jeder andern Gründung ihrer Wohlfeilheit und der gewährten Sicherheit wegen vorgezogen werden. Um in diesem Falle die Gründung vorzubereiten, werden starke Pfähle in gleichen Entfernungen über die ganze Baufläche eingetrieben, bis sie so weit in den festen Grund reichen, daß sie nicht weiter eindringen.

330. Die Pfähle (**piles; pieux**) nimmt man hierzu gewöhnlich von 0,20 bis 0,45 Meter Durchmesser und einer Länge, welche den zwanzigfachen Durchmesser nicht überschreitet, um das Biegen unter den Schlägen des Rammklotzes zu vermeiden. Man nimmt ihnen zuvor die Rinde und die hervorragenden Astknoten, um den Widerstand beim Eintreiben möglichst klein zu machen. Der Kopf des Pfahls wird gewöhnlich mit einem eisernen Ringe gegen das Zersplittern gesichert, der Fuß erhält einen gut passenden schmiedeisernen Schuh, oder auch einen gußeisernen Schuh, der um einen schmiedeisernen Bolzen gegossen wurde, mit welchem er an den Pfahl befestigt wird.

Fig. 14.*)



331. Zum Eintreiben der Pfähle wird die Ramme (**pile engine; sonnette**) gebraucht. Sie besteht im Wesentlichen aus zwei verticalen Bäumen, an welchen der Rammklotz, der Bär (**ram, monkey; mouton**) mit einem Seile, das über eine am obern Ende jener Bäume befestigte Rolle geht, hinaufgezogen wird, wel-

*) Fig. 14 stellt den Durchschnitt eines gußeisernen Pfahlschuhs mit einem schmiedeisernen Bolzen dar.

cher dann beim Herabfallen den unter ihn gestellten Pfahl trifft und in den Boden eintreibt. Man hat die Zugramme (ringing engine; sonnette à tiraudes) und die Kunstramme (crab engine; sonnette à déclic). Bei der ersten wird der Rammkloß durch einen schnellen Zug mehrerer Männer an dem Seile etwas über einen Meter hoch in die Höhe geschnellt, um auf den Pfahl zurückzufallen; bei der Kunstramme wird der Bär durch Maschinerie viel höher hinaufgezogen, um aus dieser größeren Höhe auf den Pfahl herunterzufallen.

Die letztere Maschine ist weitaus die kräftigste; aber sie ist nicht überall anwendbar, wie z. B. beim Eintreiben von gußeisernen Pfählen, welche bei dem heftigen Stoße zersplittern würden; auch bei sehr langen und dünnen Pfählen kann sie deßhalb nicht angewendet werden.

Das Verfahren beim Einrammen der Pfähle, und die Tiefe, auf welche diese eingetrieben werden sollen, hängt von örtlichen Umständen ab. Es kommt vor, daß ein starker Stoß weniger ausrichtet als mehrere schwache Schläge, und daß nach einer Pause zwischen den Schlägen die Pfähle zuerst nur mit Schwierigkeit vorwärts gehen. Zuweilen brechen die Pfähle unter dem Boden und fahren fort den Schlägen der Ramme zu weichen, indem die Fasern am untern Ende des Pfahls zertrümmert werden. Diese Zufälle erfordern genaue Beaufsichtigung des Ingenieurs. Pfähle sollen bis zu einem nicht weichenden Untergrunde getrieben werden. Die französischen Ingenieure haben indessen die Regel angenommen, daß das Einrammen der Pfähle zu beenden sey, sobald das Eindringen durch eine Hitze von dreißig Schlägen mit einem Rammkloße von 400 Kilogr. Gewicht, der jedesmal 1,3 Meter hoch herabfällt, nicht mehr als acht Millimeter beträgt.

332. Ist ein Pfahl bis zu der Tiefe eingetrieben, zu welcher der Rammkloß herabfällt, so wird ein Zwischenpfahl aufgesetzt, welcher mit einem gußeisernen Fuße von passender Form den ersten umfaßt.

333. Soll ein Pfahl, weil er abgebrochen ist oder aus einem andern Grunde, ausgezogen werden, so geschieht dieß mit Hilfe eines langen Baumes, den man als Hebel gebraucht und an welchen der Pfahl mit Hilfe eines Seiles oder einer Kette befestigt wird.

334. Die Zahl der erforderlichen Pfähle bestimmt sich nach dem Gewichte des Bauwerkes. Die Belastung auf jeden Quadratcentimeter kann mit Sicherheit 30 bis 35 Kilogr. betragen. Die geringste Entfernung, auf welche man die Pfähle nebeneinander leicht eintreiben kann, ist ungefähr 0,75 Meter von Mittel zu Mittel. Werden sie mehr zusammengedrängt, so können sie sich gegenseitig beim Rammen auftreiben. Findet man dieß, so muß man in der Mitte der Baufläche das Eintreiben beginnen, und die Pfähle mit dem dicken Ende niederwärts eintreiben.

335. Nach sorgfältigen, in Frankreich angestellten Versuchen ist festgestellt, daß Pfähle, welche nur durch die Reibung festgehalten werden, welche durch das Zusammendrücken des Grundes entsteht, nur mit $^1/_5$ des Gewichtes belastet werden dürfen, welche Pfähle in festem Erdreich mit Sicherheit tragen.

336. Sind die Pfähle eingerammt, so werden die Köpfe auf gleiche Höhe abgeschnitten, um einen Rost darauf zu legen. Zuerst wird ein starker

Baum, der **Holm** (capping), auf die Köpfe der äußersten Pfahlreihe gelegt, mit welchen sie durch angeschnittene Zapfen, oder durch Holzfedern oder hölzerne Nägel verbunden wird. Ebenso werden die andern **Langschwellen** (string pieces) und **Querschwellen** (cross pieces) gelegt, welche an den Durchkreuzungsstellen **verplattet** werden, so daß die Oberflächen in einer Ebene bleiben. Die äußersten Schwellen werden durch die inneren mit Schwalbenschwanz-Verplattung festgehalten.

Wird ein Holzboden angewendet, so wird dieser aus starken Bohlen bereitet, welche auf den Schwellen durch Nägel befestigt werden.

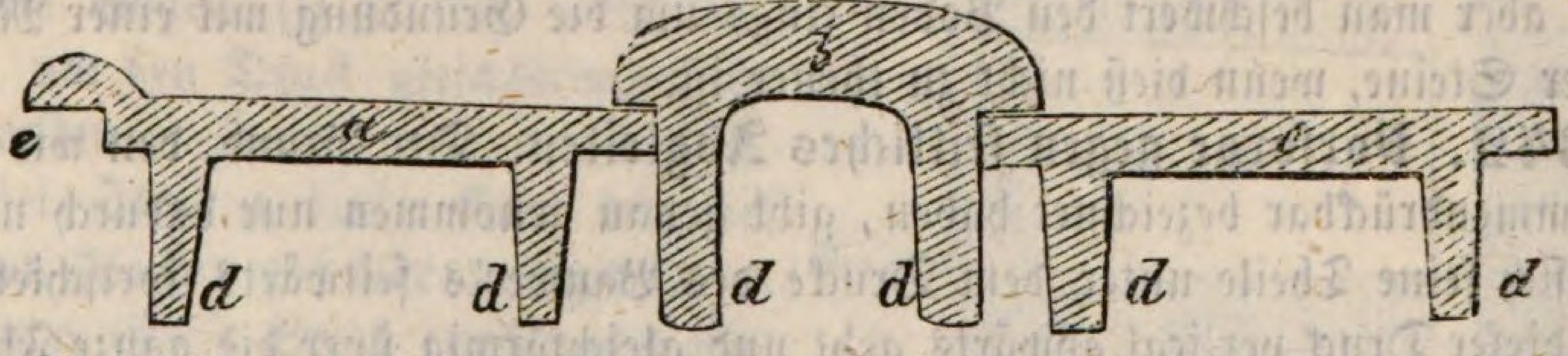
337. Diesem Holzboden macht man den Vorwurf, daß eine Bindung zwischen ihm und Mörtel nicht stattfindet; daß also bei einem ungleichen Setzen das Fundament über diesen Boden abgleiten könne. Um dieß zu umgehen, hat man vorgeschlagen, den Rost und die Plattform durch eine Betonschichte zu ersetzen, welche zum Theil auf den Köpfen der Pfähle, zum Theil auf dem Boden zwischen diesen ruht. Dieses gibt ein solides Fundamentbett, welchem die Fehler des Holzes nicht anhaften.

Um jedes Abgleiten zu vermeiden, muß das Fundamentbett passend geneigt seyn, wenn der Druck des Fundamentes schief ist, wie dieß z. B. bei den Widerlagern der Bögen der Fall ist.

338. Beim Gründen in Alluvialformationen begegnet man häufig einer Thonschichte über weichem Schlamm; dort ist das Eintreiben kurzer Pfähle fehlerhaft und dient nur dazu, den Zusammenhang der festen Thonschichte aufzuheben. Besser ist es hier, nur dem Thon alle mögliche Festigkeit durch Stoßen oder Pressen zu geben.

339. Gußeiserne Pfähle und Bohlenpfähle sind in England mit vollständigem Erfolge sowohl für gewöhnliche Fangdämme als für dauernde Gründungen zu Ufermauern angewendet worden. Die Pfähle sind in mannigfachen Formen gegossen worden; zuweilen hat man sie hohl gegossen, um den Grund in den Pfahl eintreten zu lassen und so das Eintreiben zu erleichtern. Fig. 15 zeigt einen Querschnitt einer der neueren Anordnungen von gußeisernen Bohlenpfählen.

Fig. 15.*)



*) Fig. 15 ist ein horizontaler Durchschnitt einer Spundwand aus gußeisernen Pfählen.
a Bohlenpfahl mit einem Vorsprung e, welcher die Fuge zwischen diesem und dem nächsten überdeckt.
b Pfahl mit Vorsprung an jeder Seite.
c Bohlenpfahl ohne Vorsprung.
d Verstärkungsrippen.

340. Auch Sand wurde angewendet, um ein Gründungsbett auf sehr nachgiebigem Boden zu erhalten. Hierzu wird eine Grube ausgeworfen (s. umstehende Fig. 16) und mit Sand ausgefüllt; dieser Sand wird in Schichten von 0,20 Meter ausgebreitet und jedesmal mit einer schweren

Katze festgestoßen, ehe die nächste Schichte darauf kommt. Dringt Wasser in die Baugrube, so kann man kein Sandbett in Schichten herstellen. Statt

Fig. 16.*)

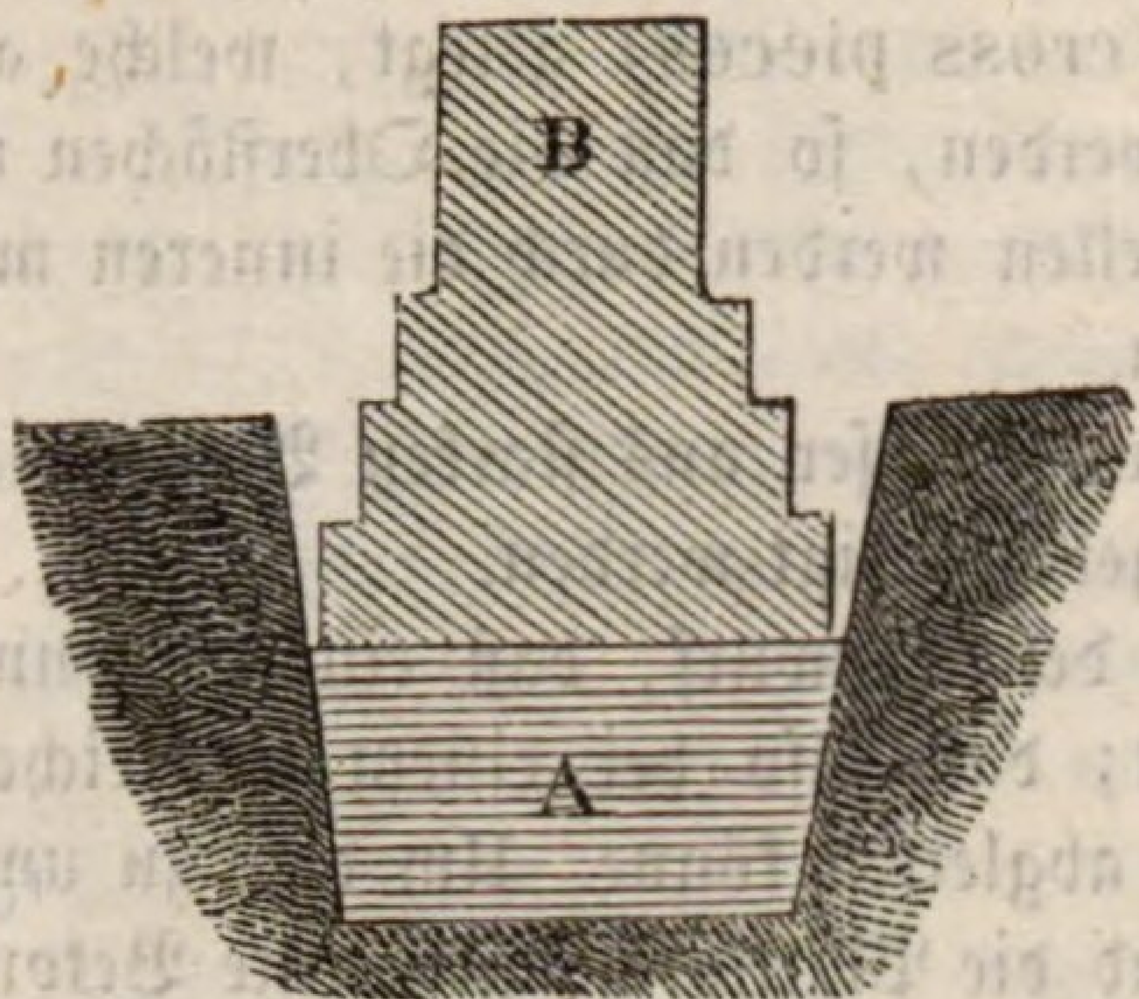
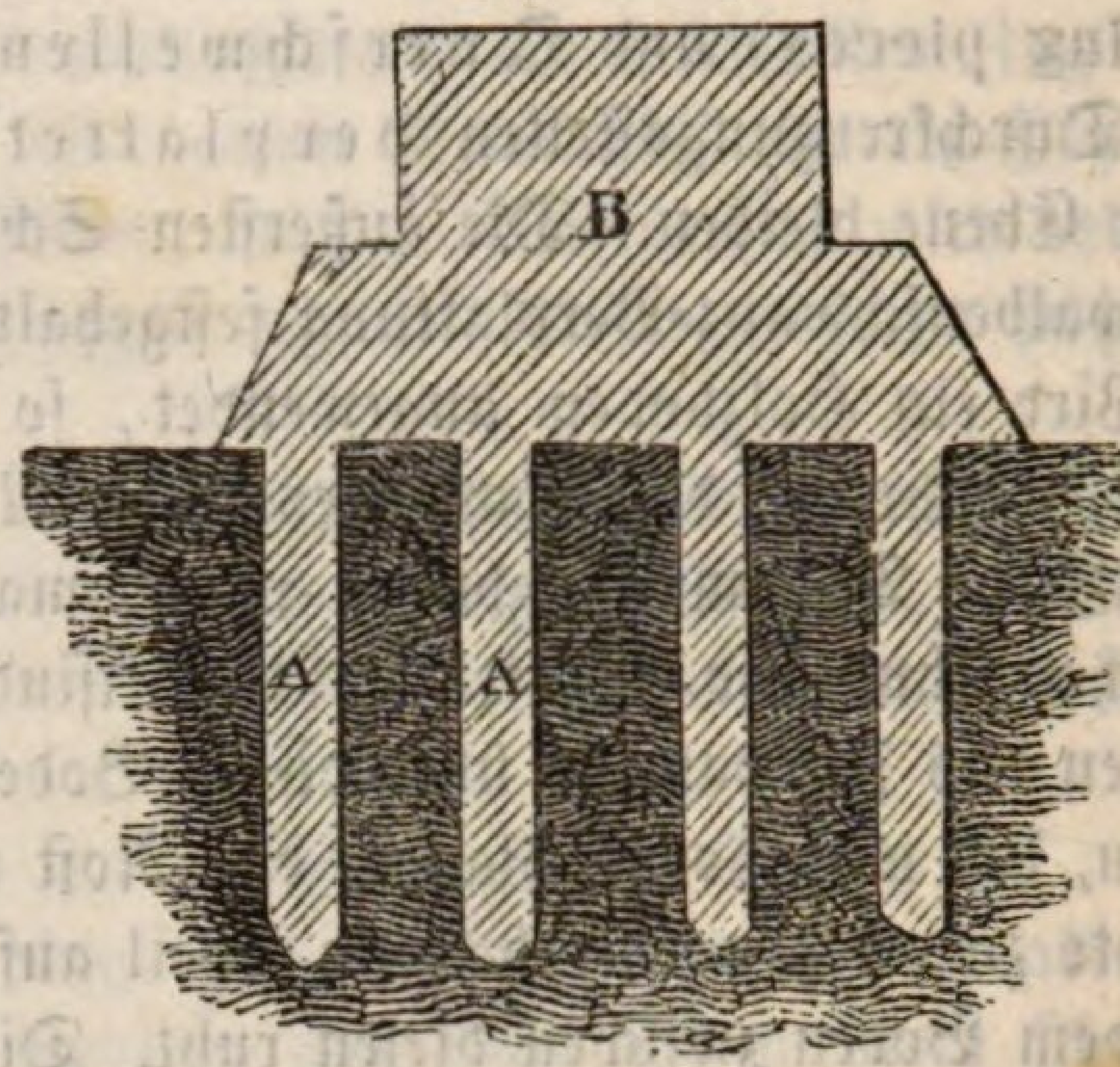


Fig. 17.**)



*) Fig. 16 zeigt ein Gründungsbett von Sand mit dem Mauerwerk darauf.
A das Sandbett in der Grube.
B Mauerwerk.

**) Fig. 17 zeigt einen Verticalschnitt durch eine Gründung auf mit Sand gefüllte Bohrlöcher.
A mit Sand gefüllte Bohrlöcher.
B Mauerwerk.

hier eine Baugrube zu öffnen, werden ungefähr 2 Meter tiefe und 0,15 Meter weite Löcher so nahe als möglich nebeneinander in den Untergrund mit Hilfe eines kurzen Pfahls geschlagen, welche man unmittelbar nachdem man den Pfahl herausgezogen hat mit Sand füllt. Damit sich dieser dicht einlegt, wird er vor dem Einfüllen stark genetzt.

Wird Sand auf diese Weise benützt, so nimmt er eine Stabilität an, welche er behält, wenn auch der Boden auf welchem er liegt weicht. Das Sandbett muß aber eine hinreichende Dicke erhalten, um den Druck gleichmäßig auf die ganze Unterfläche zu übertragen.

341. Ist der Grund so flüssig, daß er bei dem verticalen Drucke des Bauwerkes rings um die Gründung aufsteigt, so kann man den Boden rings um das Bett bis zu einiger Tiefe ausheben und an seine Stelle dichteren Grund gut einstampfen oder mit Schutt von passender Art ausfüllen lassen; oder aber man beschwert den Boden rings um die Gründung mit einer Masse loser Steine, wenn dieß nicht zu theuer ist.

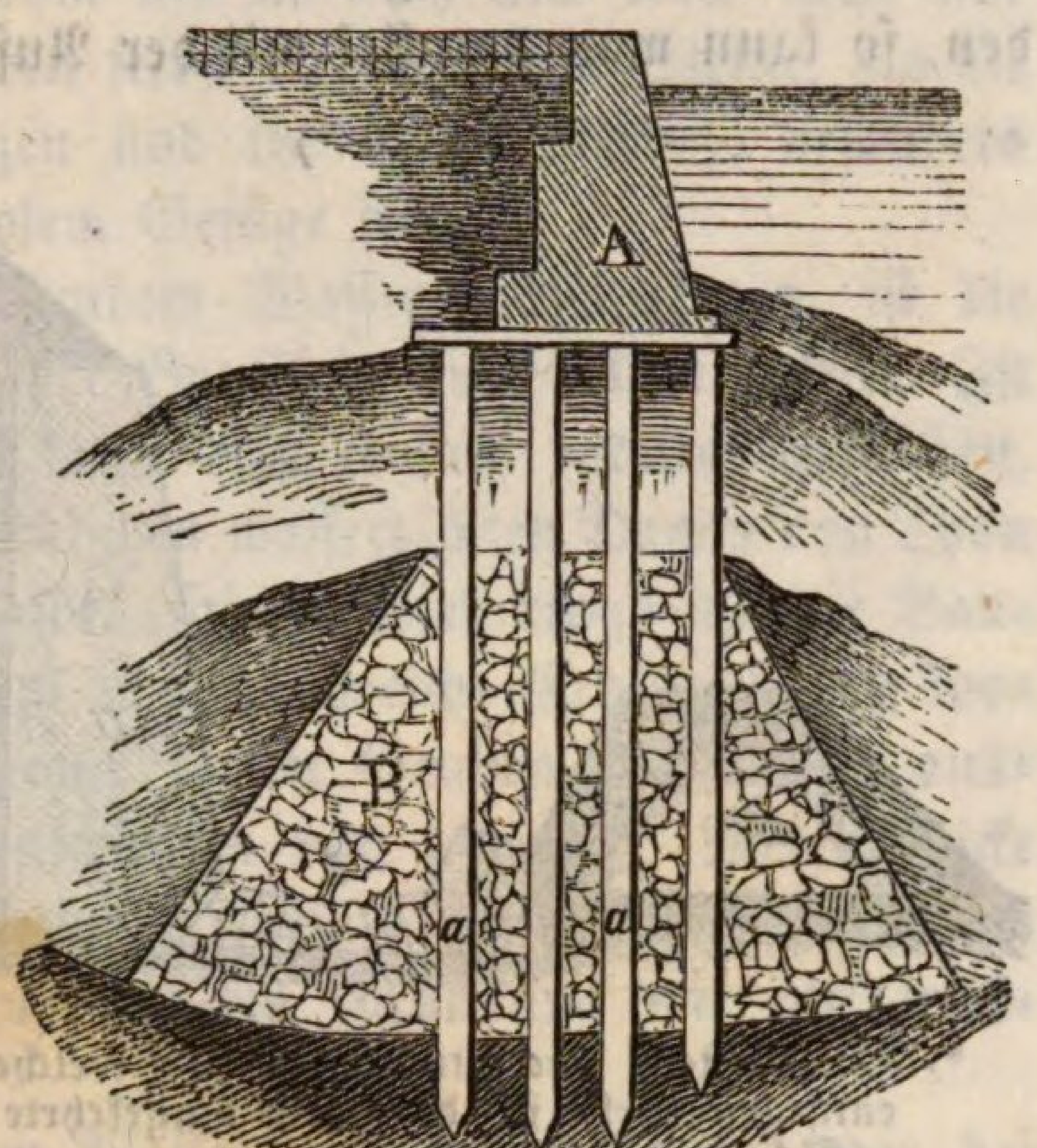
342. Vorsorge gegen seitliches Abgleiten. Der Grund, den wir als zusammendrückbar bezeichnet haben, gibt genau genommen nur dadurch nach, daß sich seine Theile unter dem Drucke des Bauwerks seitwärts fortschieben. Wo dieser Druck vertical abwärts geht und gleichförmig über die ganze Fläche vertheilt ist, sind die bisher angegebenen Mittel hinreichend, um dem Baue dauernde Stabilität zu geben. Wo aber ein Seitenschub vorhanden ist, wie z. B. bei einer Stützmauer, welche von einer nebenstehenden Erdschichte nach der Seite gedrückt wird, da muß man noch andere Mittel anwenden.

Eines der einleuchtendsten Verfahren hierbei besteht darin, daß man eine Reihe starker quadratischer Pfähle unmittelbar nebeneinander auf der äußeren Seite der Gründung eintreibt. Dieses Verfahren ist aber nur dann von Nutzen, wenn die Pfähle entweder einen nicht nachgebenden Grund erreichen

oder doch wenigstens einen, welcher fester ist als der, auf dem unmittelbar gegründet ist. Andernfalls tragen die Pfähle den Druck nur auf die ausweichende Erde vor ihnen über; reichen sie aber bis in einen festen Untergrund, so können sie durch den Seitenschub nur noch abgebrochen oder mit dem festen Grunde fortgeschoben werden.

Erreichen die Pfähle einen festen Untergrund, so ist es am besten, den oberen nachgiebigen Boden wegzugraben, ehe man die Pfähle eintreibt und den Raum zwischen diesen und um sie mit loosen Steinen (Fig. 18) auszufüllen. Dieß gibt den Pfählen mehr Steifigkeit und hindert sie sich zu biegen.

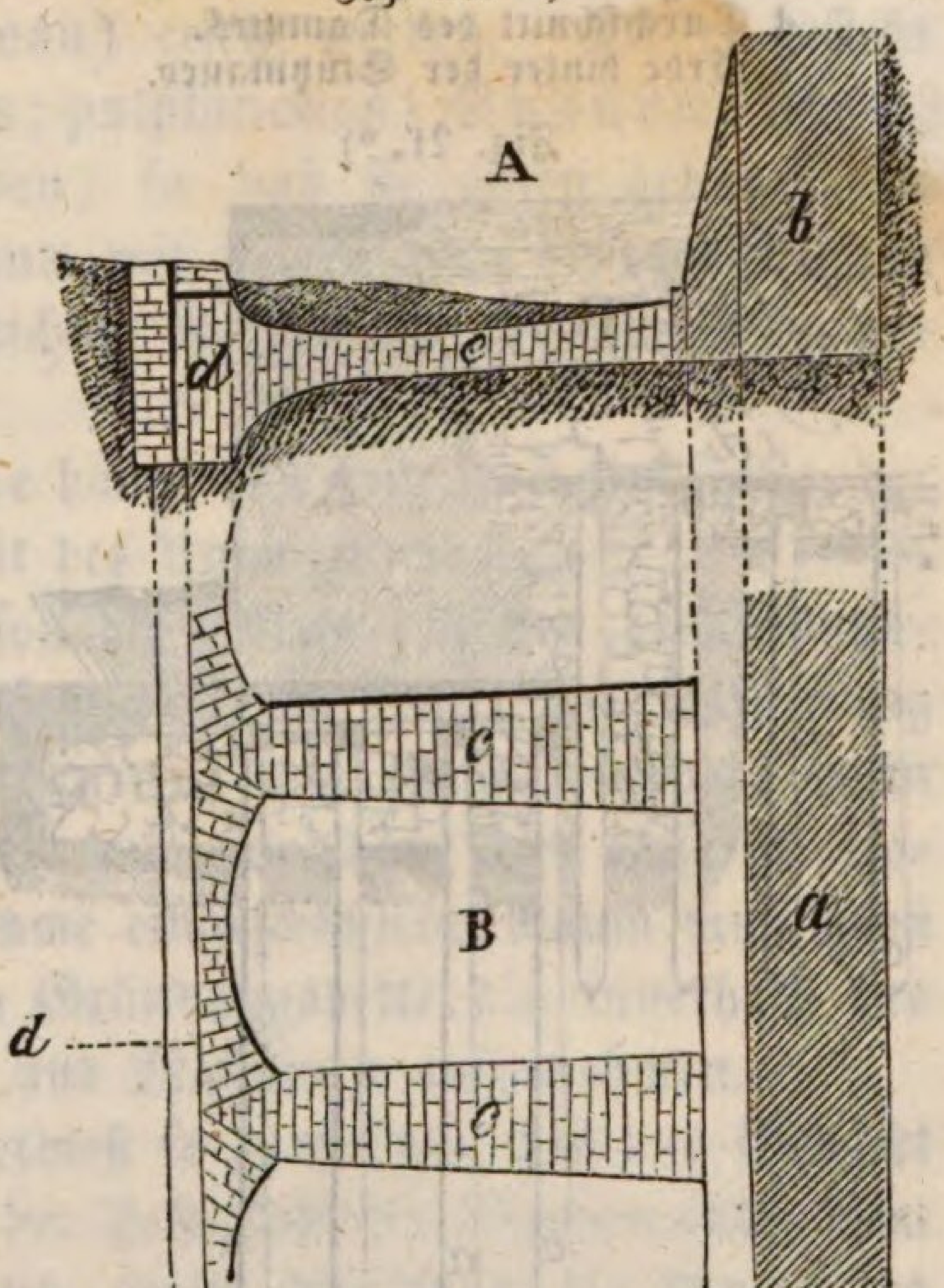
Fig. 18. *)



Können die Pfähle nicht bis in einen stehenden Untergrund getrieben werden, so ist es besser, diese rund um die Baustelle in einiger Entfernung von dem Gründungsbette einzutreiben und horizontale Streben von unregelmäßigen Entfernungen von dem Bette bis an die Pfähle zu mauern.

Bei dieser Anordnung wird einige Sicherheit durch den Gegendruck des zwischen den Pfählen und dem Bette eingeschlossenen Grund erhalten; doch ist ein Abgleiten bei starkem Schube immer noch nicht sicher abgewehrt.

Fig. 19. **)



Gebraucht man horizontale Streben, so müssen die Steine dazu sorgfältig behauen seyn; ihre Enden nahe an dem Walle von Pfählen sollten durch horizontale Bogen (Fig. 19) verbunden seyn, um den Druck gleichförmiger zu verbreiten.

Bei Streben dieser Art, wie bei großen Flächen auf sehr nachgebendem Grunde, ist ein Bruch durch das eigene Gewicht oder aus anderer Ursache sehr gefährlich, weßhalb sie sehr sorgfältig

*) Fig. 18 zeigt die Anwendung looser Steine, um Pfähle gegen Seitenschub zu schützen.
A Schnitt des Mauerwerks.
B loose Steine um die Pfähle a.

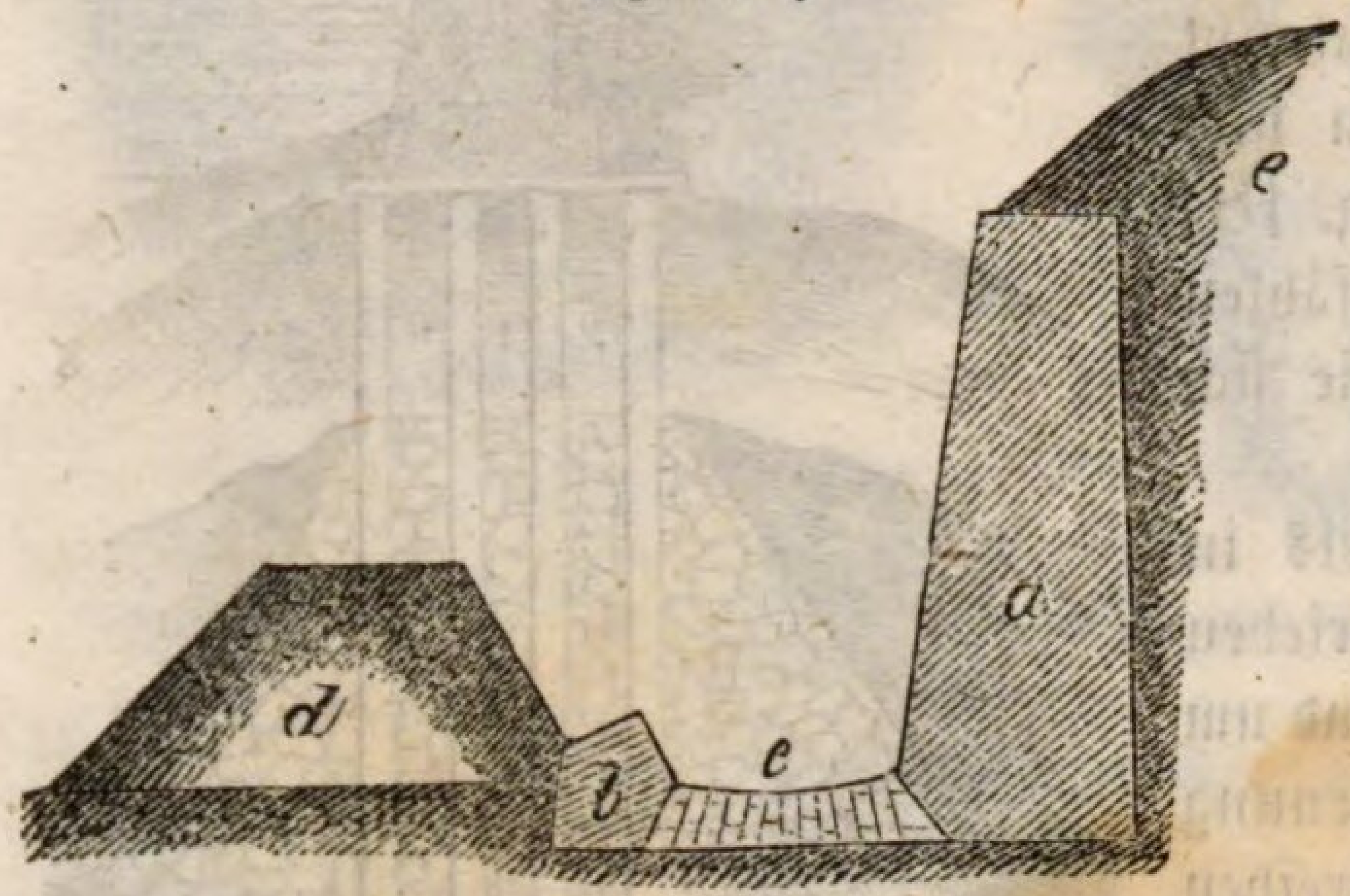
**) Fig. 19 zeigt eine Anordnung, um eine Stützmauer gegen Seitenschub zu sichern, mit horizontalen Streben, welche mit umgekehrten Bogen gegen verticale Widerlager stützen.
A Aufriß der Mauer, Strebe und Widerlage.
B Grundriß.
a Grundriß der Stützmauer.
b Aufriß derselben.
c Strebe.
d Widerlager.

ausgeführt werden müssen. Einiges kann durch starkes Stoßen der Erde ringsum mit einer schweren Handramme geschehen oder dadurch, daß man die obersten Schichten der Erde ringsum aushebt und dafür festere einstampft.

Die folgenden Methoden haben da, wo sie angewendet werden können, und wo der Bau die Verwendung der Kosten rechtfertigt, die größte Sicherheit gewährt.

Kann das Gründungsbett mit Streben und einem Damme versehen werden, so kann man parallel mit der Außenseite des Bettes eine niedere Mauer in 3 bis 4 Meter Entfernung bauen (Fig. 20). Zwischen diese und das Fundament wird ein umgekehrter Bogen zur Verbindung hergestellt; außerhalb dieses Bogens wird ein Damm von dichter Erde fest aufgestampft, um als Gegendruck gegen den Schub des Gründungsbettes zu dienen.

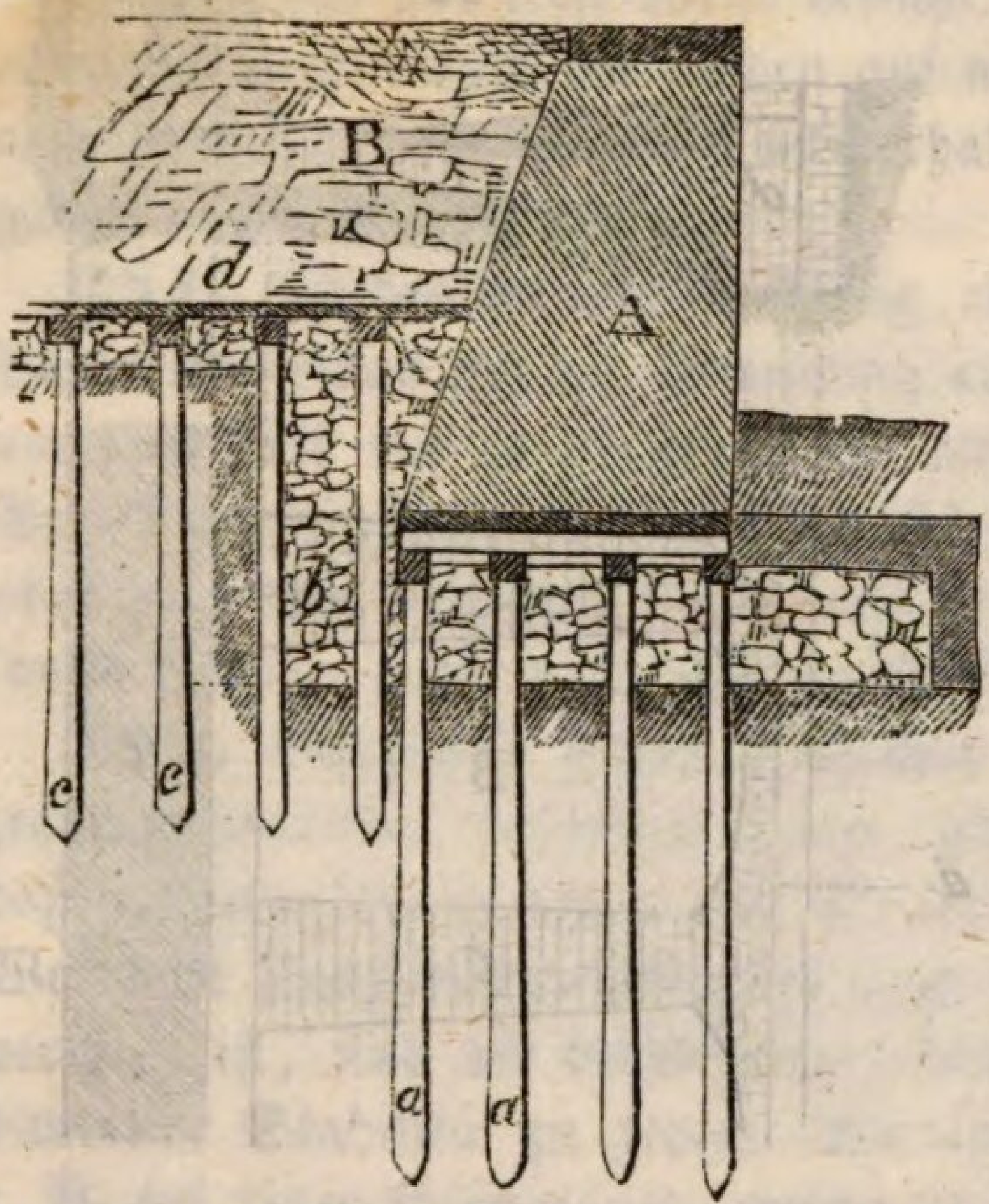
Fig. 20. *)



Kann das Fundament nicht durch Streben vor der Stützmauer geschützt werden, wie bei Ufermauern, so kann ein Pfahlrost mit Boden (Fig. 21) auf der Rückseite der Stützmauer in einiger Höhe gelegt werden, um den Druck der oberen Erdschichten in die Tiefe unter der Stützmauer fortzuleiten und so zu verhüten, daß die tieferen Erdschichten an der Stützmauer durch das Gewicht der obern gegen diese gedrückt und die Stützmauer nach der Seite geschoben werde.

*) Fig. 20 stellt eine Stützmauer dar, welcher in der Fronte der Gegendruck eines Dammes entgegengestellt ist, der durch umgekehrte Bogen auf die Mauer übertragen wird.
a Schnitt der Stützmauer.
b Schnitt durch die Stützmauer des Dammes d.
c umgekehrter Bogen.
d Durchschnitt des Dammes.
e Erde hinter der Stützmauer.

Fig. 21. *)



Kann man hierzu eiserne Bänder auf der Rückseite der Stützmauer an festen Punkten anheften, so kann man hierdurch die Sicherheit des Baues bedeutend erhöhen.

*) Fig. 21 zeigt eine Anordnung, durch welche der Seitendruck der untern Schichte eines Erddammes gegen eine Stützmauer durch einen Pfahlrost mit Boden hinter der Mauer größtentheils aufgehoben wird.
A die Mauer.
B der Erddamm.
a Pfähle des Rostes unter der Mauer
b loose Steine, welche ein festes Bett unter dem Roste bilden.
c Pfähle unter dem Roste und Boden d hinter der Mauer.

343. Gründungen im Wasser. Bei Gründungen im Wasser sind zwei Schwierigkeiten zu besiegen, welche beide die Aufmerksamkeit und Sorge des Ingenieurs sehr in Anspruch nehmen. Die erste besteht in der Bereitung des Gründungsbettes, die zweite in dem Schutze dieses Bettes gegen die Einwirkung des Wassers. Das letzte ist gewöhnlich die schwierigere von beiden Aufgaben; denn ein Wasserstrom nimmt nach und nach nicht nur jede Art von loosem Boden weg, sondern selbst die weicheren Steine, als die meisten Arten Sandsteine, die kalkigen und thonigen Steine, besonders wenn diese schieferig oder sonst von loosem Gefüge sind.

344. Um eine Gründung in stehendem Wasser vorzunehmen, ist die einzige Schwierigkeit, das Wasser von der Baufläche entfernt zu halten. Ist das Wasser nicht über $1^{m},2$ tief, so kann dieß einfach dadurch geschehen, daß man die Baustelle mit einem gewöhnlichen wasserdichten Damm von Thon oder einer andern bindenden Erde umgibt. Hierzu wird rings um die Baustelle zuerst ein Graben gezogen, indem man die weiche Erde oder den loosen Schutt am Boden aushebt und dann diesen Graben mit Letten ausfüllt, auf welchen man nachher Lettenschichten von etwa $^1/_4$ Meter Dicke ausbreitet und feststampft. Ist der Damm fertig, so wird das Wasser aus der eingeschlossenen Stelle ausgepumpt, und die Gründung wie auf trocknem Lande angefangen.

345. Ist die Tiefe des stehenden Wassers mehr als $1^{m},2$, oder bei fließendem Wasser irgend welche, so muß der gewöhnliche Damm durch einen Kastendamm, (**cofferdam; batardeau**) ersetzt werden. Dieser besteht aus zwei Reihen Bohlen (**sheeting piles; palplanches**) Spundwänden, welche in den Boden eingerammt werden, so daß sie einen geschlossenen Raum zwischen sich lassen, welcher dann mit Letten oder bindender Erde ausgestampft wird, so daß ein wasserdichter Damm um die Baustelle gebildet wird.

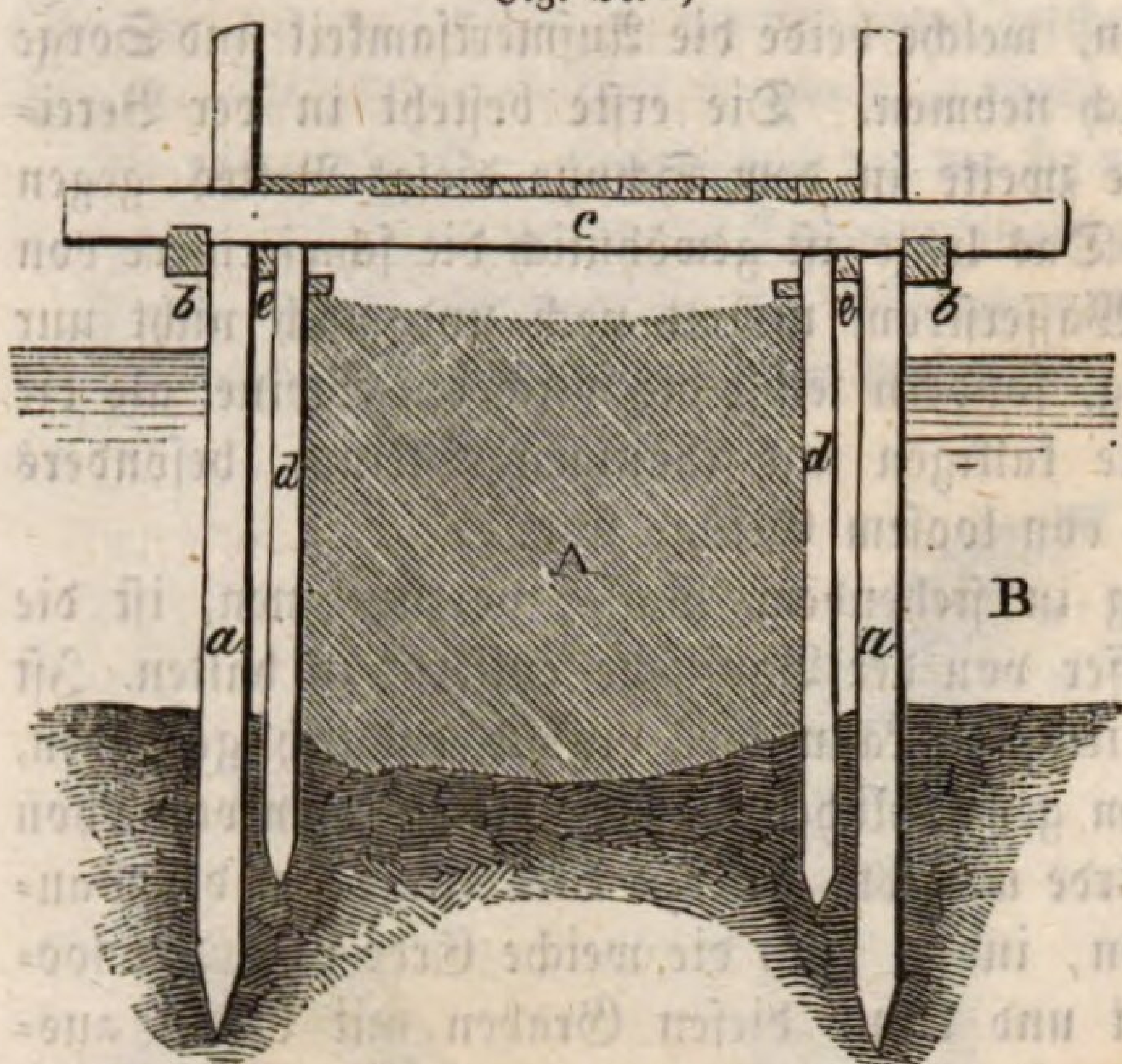
Die Anordnung dieser Fangdämme hängt von dem speciellen Falle, der Tiefe des Wassers und der Beschaffenheit des Untergrundes ab.

Mit Rücksicht auf den ersten Punkt soll die Breite zwischen den Spundwänden so groß genommen werden, daß der Raum später zur Aufstellung der Arbeitsmaschinen und des Materials dienen kann, was besonders dann von Wichtigkeit ist, wenn der ganze Fangdamm von dem Ufer entfernt, isolirt ist. Der innere, von dem Fangdamme eingeschlossene Raum muß groß genug seyn, um neben dem eigentlichen Gründungsbette die innerhalb des Dammes zu gebrauchenden Materialien und Maschinen aufzunehmen.

Die Dicke des Fangdammes muß überdieß so groß seyn, daß das Gewicht der eingestampften Erde, verbunden mit der Festigkeit der Spundwände, dem Seitendrucke des Wassers widerstehen kann, wenn der Raum im Innern des Dammes ausgepumpt ist. Der Widerstand von dem Gewichte der eingestampften Erde ist leicht zu berechnen; der Widerstand des Holzwerkes hängt von der Art der Verbindung desselben, und den Mitteln ab, die man genommen hat, dasselbe zu stützen.

Die einfachste und gewöhnlichste Construction eines Fangdammes (s. umstehende Fig. 22) besteht darin, daß man erst eine Reihe von gewöhnlich

Fig. 22. *)



starken Pfählen rings um den einzuschließenden Raum in einer Entfernung von beiläufig $1^m,2$ von Mittel zu Mittel eintreibt. Innerhalb dieser Reihe wird eine zweite Reihe parallel mit der ersten eingerammt; die Entfernung dieser Reihe von der ersten bestimmt die Dicke des Fangdammes. Die Pfähle jeder Reihe werden durch horizontale Balken miteinander verbunden, welche Langschwellen, Holme (wale, string piece) heißen, und $0^m,3$ bis $0^m,6$ über dem

*) Fig. 22 ein Schnitt eines gewöhnlichen Fangdammes.
a Hauptpfähle.
b Langschwellen, Holme.
c Querschwellen, Zangen.
d Spundwand.
e Leitschwellen.
A eingestampfte Erde.
B Baustelle.

höchsten Wasserstande angebracht und mit jedem Pfahle durch Verkämmen und Bolzen verbunden werden. Die Langschwellen auf der innern Seite des Fangdammes werden innen an den Pfählen befestigt, die äußeren auf der Außenseite der Pfähle. Die Langschwellen werden durch Querriegel verbunden, welche mit jenen verbunden sind; sie dienen theils die Pfahlreihen zusammenzuhalten, theils als Querbalken für das Baugerüste. Auf der inneren Seite der Pfahlreihen werden dann die Leitbäume in gleiche Höhe mit den Langschwellen gelegt; sie dienen als Leiter und Widerlager für die Bohlen der Spundwände. Diese Bohlen werden gut gefügt und nebeneinander an den Leitbäumen eingerammt. Eine dritte Reihe von Langhölzern, von schwächerer Art, hält mit Hilfe großer Nägel die Bohlen an den Leitbäumen fest.

Bei außergewöhnlichen Tiefen muß der Ingenieur eine Berechnung über den Widerstand, den der Fangdamm dem Drucke des Wassers entgegensetzt, nicht vernachläßigen; für die gewöhnlichen Fälle, wenn die Wassertiefe nicht über 3 Meter beträgt, macht man den Damm 3 Meter breit und gibt für jeden Meter größere Tiefe $^1/_3$ Meter in der Breite des Fangdamms zu. Diese Regel gibt alle Sicherheit gegen das Eindringen des Wassers durch den Körper des Damms, aber sie gibt nur dann hinreichende Festigkeit, wenn die Dimensionen des Holzwerkes angemessen vergrößert werden. In sehr tiefem, anschwellendem Wasser hat man Fangdämme mit einer Staffel gebaut, indem man drei Reihen Spundwände herstellte, um dem Damme unter dem Niederwasserspiegel eine größere Dicke zu geben. In solchen Fällen bildet man die Spundwand mit starken quadratischen Pfählen, die mit Nuth

und Feder ineinander gefügt sind. Abgesehen von dem Wasserdrucke muß man den Spundwänden hinreichende Stärke geben, um dem Drucke des einzustampfenden Lettens zu widerstehen, wenn die Baugrube von Wasser entleert wird. Dieser Druck kann noch durch den Druck des Wassers auf die äußere Spundwand vergrößert werden, wenn dieser Druck größer ist, als der innere des Damms. Um sich gegen diese Pressungen vorzusehen, kann man noch in einigen Abständen Langhölzer an der innern Pfahlreihe anbringen, ehe die Spundwand eingetrieben wird; und die gegenüber liegenden Seiten des Dammes können durch Querbalken gegen einander gestützt werden, welche kreuzweise zwischen den Langschwellen am obern Ende des Dammes und in verschiedener Tiefe angebracht werden.

Der Hauptübelstand dieser Fangdämme entsteht aus dem Durchbrechen des Wassers unter dem Damme. In allen Fällen sollten die Pfähle wie die Spundwand in einen festen dichten Grund hinabgetrieben werden. Muß im Innern eine Grube aufgethan werden, um den Untergrund, auf welchen die Gründung geschehen soll, kennen zu lernen, so muß man die Spundwand wenigstens bis zu dieser Tiefe niedertreiben, und noch tiefer, wenn dieß der Widerstand erlaubt.

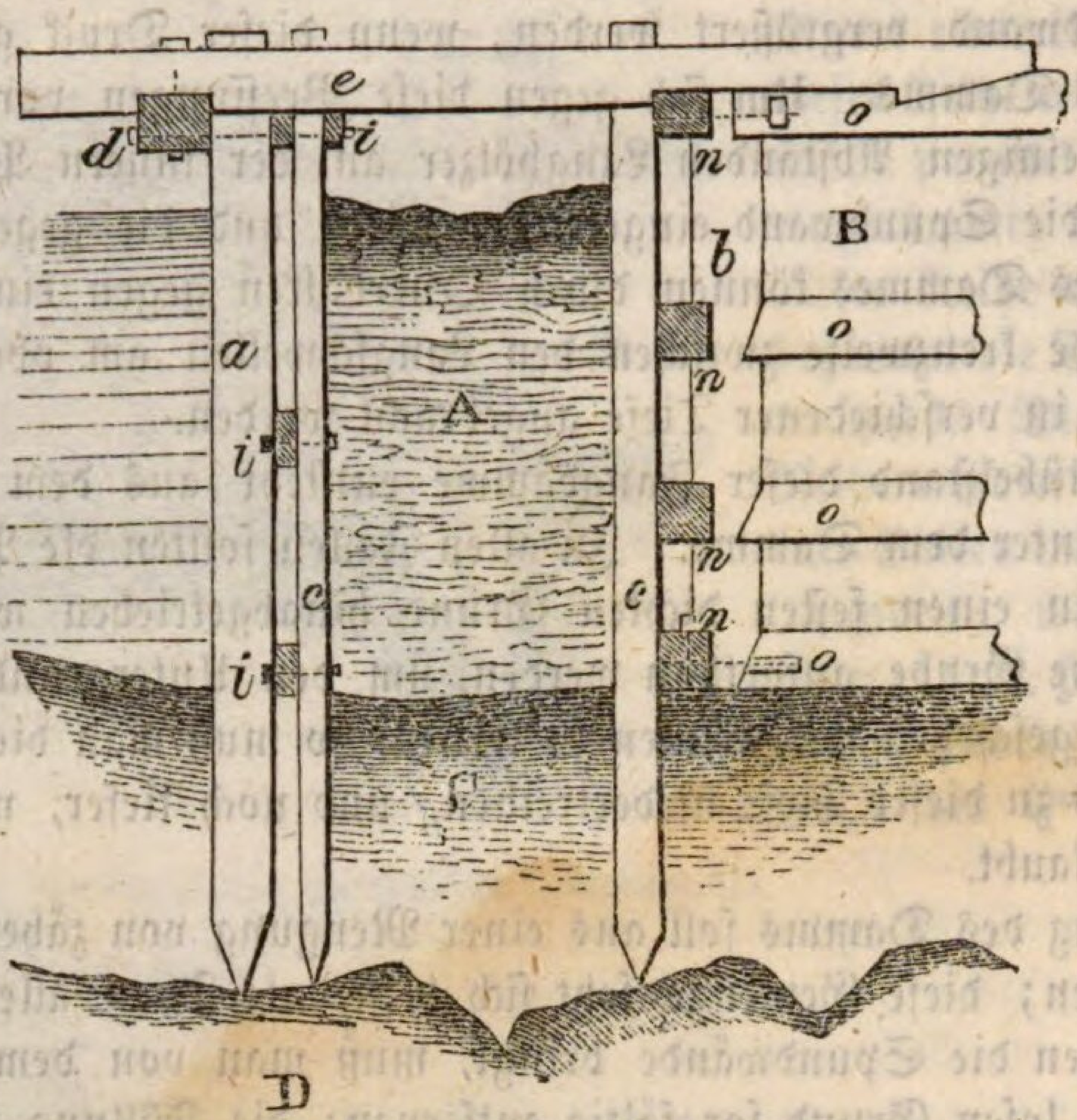
Die Füllung des Damms soll aus einer Mengung von zähem Thone und Sand geschehen; diese Gemenge setzt sich besser als Thon allein. Ehe man dasselbe zwischen die Spundwände bringt, muß man von dem Boden allen Schlamm und losen Grund sorgfältig entfernen; die Füllung wird dann in Schichten eingebracht, gepreßt und dabei das Wasser so wenig als möglich bewegt.

Mit der gehörigen Sorgfalt können diese Fangdämme für Gründungen in Wasser von jeder Tiefe gebraucht werden, wenn man nur einen wasserdichten Boden für die Füllung erreicht. Sandiger Boden ist in dieser Beziehung der schlimmste, und bei mehr als $1^{m},5$ Tiefe muß man hier außergewöhnliche Sorge verwenden, um das Eindringen des Wassers unter dem Boden zu verhindern.

Ist die Tiefe des Wassers mehr als 3 Meter, und besonders wenn der Boden auf 1 Meter oder mehr aus weichem Schlamme oder loosem Grunde besteht, welchen man nothwendig ausheben muß, um ein Gründungsbett zu erhalten, so muß man besondere Mittel anwenden, um die innere Spundwand gegen den Druck der Füllung zu sichern, um das Eindringen des Wassers durch den Boden des Damms und das Umwerfen des Dammes durch den Druck des äußeren Wassers, nachdem der innere Raum trocken gelegt ist, zu verhüten. Die besten Mittel sind hierzu, die äußere Spundwand wie oben angegeben, herzustellen, und ihr durch mehrere Reihen Langhölzer, die in verschiedenen Tiefen angebracht werden, die nöthige Verstärkung zu geben. Der innern Spundwand gibt man durch ein starkes Rahmenwerk von Holz den gehörigen Halt. Dieses Holzwerk (s. umstehende Fig. 25) kann aus starken Pfosten bestehen, die man in angemessenen Entfernungen aufstellt, welche von der zu gebenden Festigkeit abhängen; in diese sind quadratische Langhölzer gefügt und mit Bolzen befestigt, welche auf ihrer äußeren Seite die Spundwand halten. Die Pfosten an den gegenüberliegenden Seiten der Baugrube werden durch horizontale Streben paarweise gegeneinander gestemmt.

Diese müssen so gestellt werden, daß sie leicht herausgenommen werden können, wenn das Mauerwerk bis zu ihrer Höhe herangewachsen ist; man ersetzt sie dann durch Streben, welche sich gegen dieses Mauerwerk stützen.

Fig. 23. *)



*) Fig. 23 zeigt einen Querschnitt des bei dem Potomac-Aquaduct gebrauchten Fangdammes.
a Hauptpfahl der Außenseite.
b starker Pfosten, dem Pfahle a entsprechend; in ihn sind die Langhölzer n, n verkämmt und verbolzt.
c, c Spundwände.
d Hauptschwelle.
e Querschwelle.
i Leitbäume für die Spundwände.
o, o horizontale Streben gegen die entgegengesetzte Seite des Dammes.
A Füllung.
B Baugrube.
C Schlamm u. dergl.
D fester Boden.

346. Zeigt ein Flußbett eine felsige Oberfläche, oder ist der Fels nur ungefähr einen Meter hoch mit loosem Grunde bedeckt, so kann es ökonomischer und ebenso zweckmäßig seyn, eine Betongründung vorzunehmen, ohne das Wasser zu entfernen, wobei man die Baustelle vor dem Eintragen des Beton einfach mit einer Wand aus starken Pfosten, Balken und einer Spundwand umgibt. Das Zimmerwerk (Fig. 24.) besteht hierbei aus Pfosten, welche durch paarweise angebrachte Langhölzer verbunden sind. Jedes Paar ist an die Pfosten durch Verkämmung und Bolzen fest gemacht, und läßt zwischen sich eine Spalte zur Aufnahme der Bohlen der Spundwand. Um den Rahmen des Kastens auf dem Felsen zu befestigen, bohrt man Löcher in diesen zur Aufnahme der Pfosten. Diese Löcher werden mit einem eisernen Bohrer in den Stein geschlagen. Ein so zusammengesetzter Kasten kann in allen Fällen, wo man ein Werk unter Wasser gründen soll oder wo man Mauerwerke unterm Wasser legen muß, von großem Nutzen seyn. Der Rahmen wird auf dem Lande zusammengefügt, an den Ort seiner Bestimmung

geflößt und dort auf den Felsen befestigt; die Bohlen werden dann zu einer Spundwand bis auf den Felsen niedergetrieben.

347. Der bequeme und wohlfeile Gebrauch des Beton bei Gründungen in Wasser haben den General Treussart zu dem Vorschlage veranlaßt, zuerst ein Gründungsbett von Beton herzustellen, und dann die Festigkeit und das Nichtdurchlassen von Wasser durch dieses Bett zu benutzen, indem man einen Fangdamm auf dem Betonbett herstellt, worauf man den Bau selbst mit Sorgfalt beginnen kann. Um dieß auszuführen, wird zuerst der Raum, welchen das Bett einnehmen soll, mit quadratischen Pfählen, die dicht neben einander eingeschlagen werden, und welche man oben durch einen Balken verbindet, eingeschlossen; dann wird das Betonbett mit der gehörigen Sorgfalt gelegt, und so lange dasselbe noch weich ist, eine zweite Reihe von quadratischen Pfählen wieder unmittelbar neben einander und in dem gehörigen Abstande von der ersten Reihe eingetrieben, welche man endlich wieder an den Köpfen mit Langhölzern verbindet. Querbalken halten dann noch die beiden Pfahlreihen zusammen und dienen zu dem Arbeitsgerüste. Die Füllung wird wie gewöhnlich genommen.

Fig. 24. *)

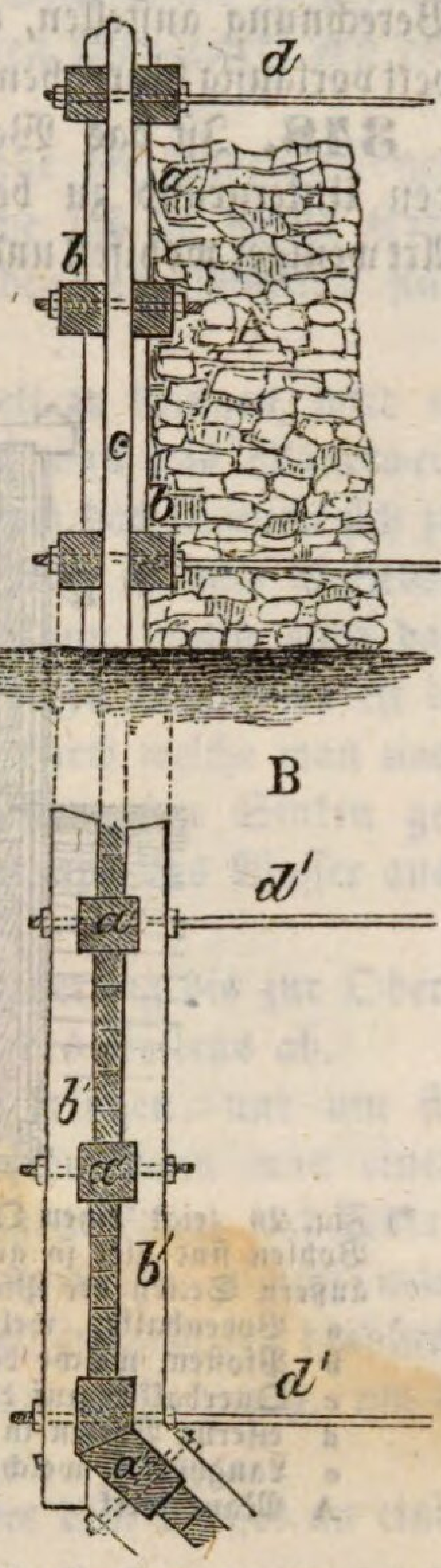
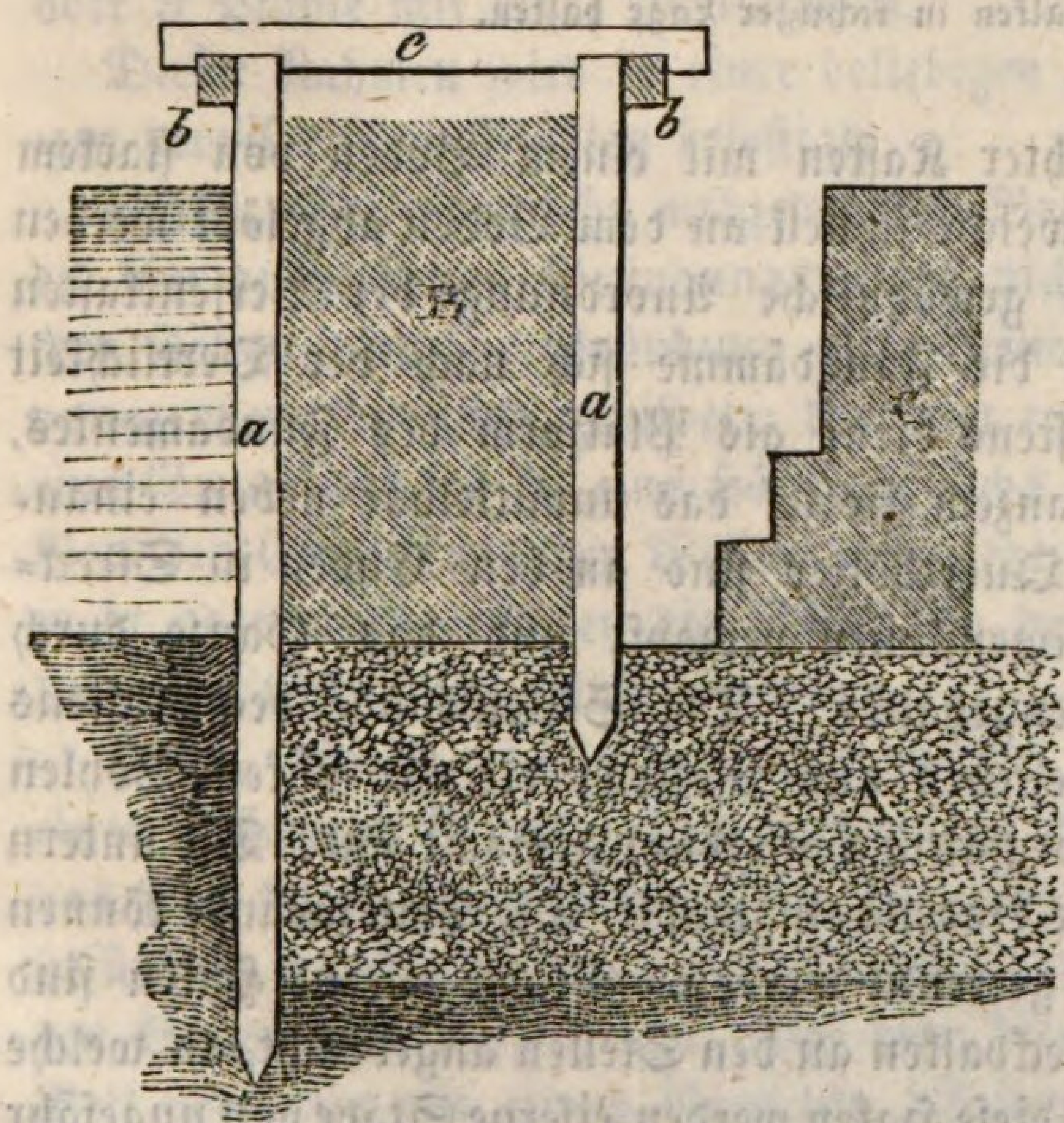


Fig. 25.)*



*) Fig. 24 zeigt eine Spundwand zu einer Betonirung.
A Verticalschnitt der Spundwand und des Betons.
B Grundriß.
a, a' Pfosten, die durch horizontale Balken b, b' verbunden sind.
c, c' Spundwand aus Bohlen.
d, d' eiserne Anker, welche die gegenüberliegenden Seiten des Fangdammes gegeneinander stützen.

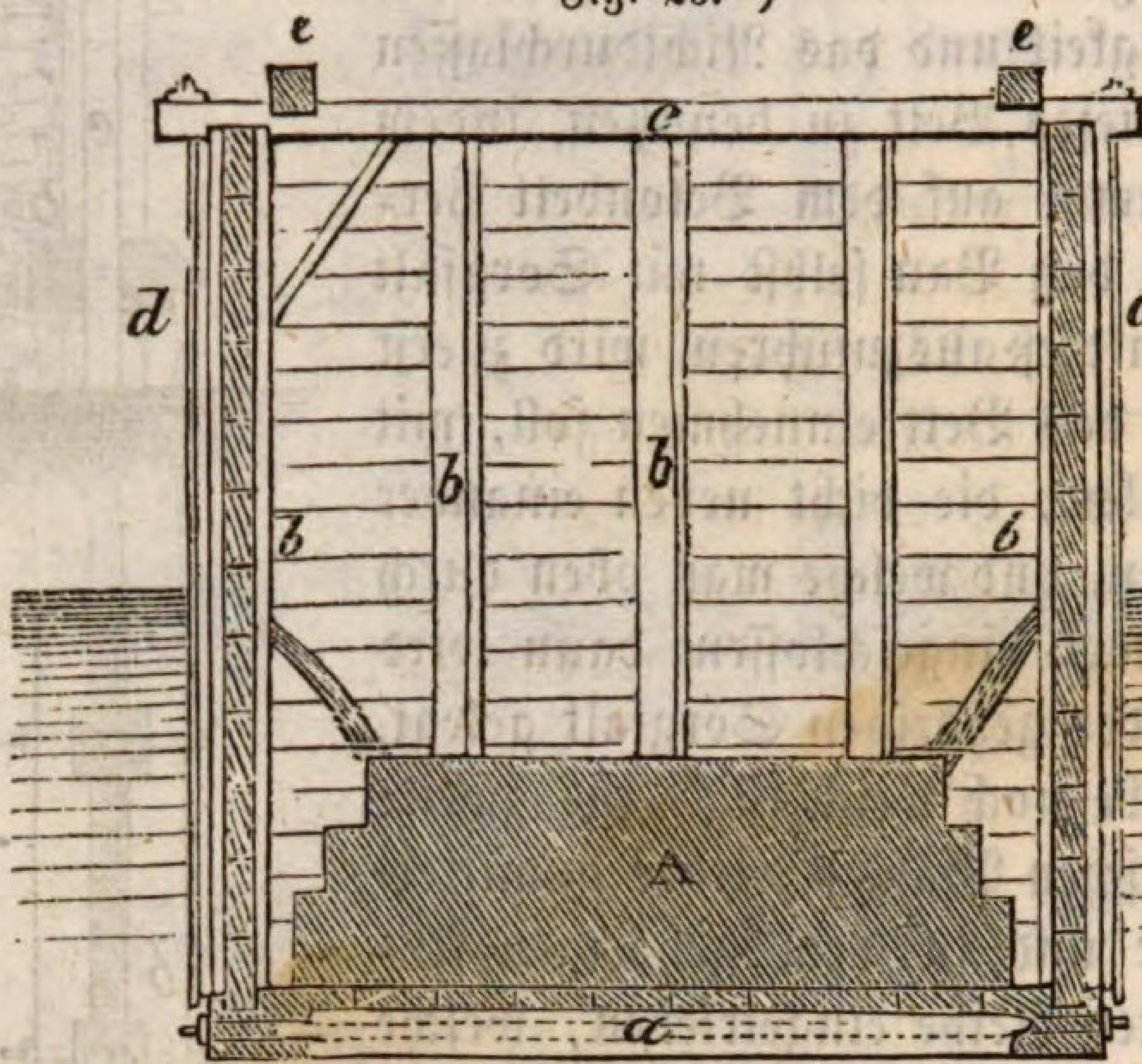
**) Fig. 25 zeigt einen Verticaldurchschnitt von General Treussart's Damm.
A Bett von Beton.
B Füllung des Damms.
C Mauerwerk.
a Pfähle.
b Holme.
c Querbalken.

Sollte der Boden unter dem Betonbett Wasser durchlassen, so kann der Druck des Wassers, nachdem die Baugrube ausgepumpt ist, Theile des Beton=

bodens und des Fangdammes in die Höhe drücken. Man muß deßhalb eine Berechnung anstellen, ob dieß der Fall seyn kann, und dann das Gründungsbett vorläufig hinreichend belasten, ehe man das Wasser aus der Baustelle entfernt.

348. Ist das Wasser tief und ist ein Durchbruch des Wassers durch den Untergrund zu befürchten, so kann ein Fangdamm der beschriebenen Art weniger wohlfeil und zweckmäßig seyn, als ein Versenkkasten (caisson).

Fig. 26. *)



*) Fig. 26 zeigt einen Querschnitt und die Ansicht des Endes eines Versenkkastens. Die Bohlen sind hier so gezeichnet, als wären sie in die Pfosten eingefugt, statt daß sie an äußern Seiten der Pfosten angenagelt seyn müssen.
a Bodenbalken, welche in die Streckbalken eingefugt sind.
b Pfosten, welche die Seitenwände halten.
c Querbalken auf den Pfosten.
d eiserne Bolzen in Hacken am Boden und mit Schrauben am obern Ende.
e Langhölzer, welche die Querbalken in richtiger Lage halten.
A Mauerwerk.

Dieses ist ein starker, wasserdichter Kasten mit einem Boden von starkem Holze und verticalen Wänden, welche schnell an dem Boden abgelöst werden können. Im Folgenden ist die gewöhnliche Anordnung der Versenkkasten angegeben, welche übrigens wie die Fangdämme sich nach der Oertlichkeit abändern. Der Boden des Kastens dient als Platform des Fundamentes, und ist deßhalb eben und von ganzem Holze, das unmittelbar neben einander gelegt ist, gemacht; diese Querzhölzer sind an den Enden in Streckbalken von etwas größeren Dimensionen verzapft und das Ganze durch Schraubenbolzen dicht zusammengehalten. Die Seitenwände des Kastens sind gewöhnlich vertical, und bestehen aus Pfosten, die mit dicken Bohlen bekleidet sind, wobei die Fugen sorgfältig wasserdicht gemacht sind. Die untern Enden sind in die Streckbalken des Bodens eingezapft. Die Seitenwände können auf folgende Weise vom Boden getrennt werden. Starke eiserne Haken sind an dem Boden außen an dem Streckbalken an den Stellen angebracht, an welche die Pfosten zu stehen kommen. In diese Haken werden eiserne Stäbe von ungefähr 5 Centimeter Durchmesser mit an ihnen angebrachten Augen angehängt, die oben durch Querbalken gehen, welche auf den Pfosten angebracht sind und

über diese vorstehen. Ein am oberen Ende in die Stäbe eingeschnittenes Schraubengewinde erlaubt den Boden fest gegen die Seitenwand zu pressen, und später wieder den Boden mit dem darauf erbauten Mauerwerk von den Seitenwänden des Kastens zu trennen.

Zur Aufnahme des Versenkkastens wird entweder nur der Boden geebnet, oder es müssen große Pfähle geschlagen werden, welche bis zu festem Erdreich reichen und auf welche, nachdem sie in einer Ebene abgeschnitten sind der Kasten gesetzt wird.

Um den Versenkkasten auf das zubereitete Grundbett zu bringen, wird er über dasselbe geflößt und dort fest verankert, worauf man das Mauerwerk in demselben anfängt, und fortbaut bis der Kasten durch das Gewicht sich zu Boden setzt. Der Kasten muß so eingerichtet seyn, daß er nach Belieben versenkt und auch wieder in die Höhe gebracht werden kann, wenn etwa das Gründungsbett nicht vollkommen eben gefunden wird. Zu dem Ende ist in der Seite des Kastens eine kleine Schütze angebracht, durch welche man nach Belieben Wasser in denselben bringen, und so der Kasten zum Sinken gebracht werden kann. Schließt man die Schütze und pumpt das Wasser aus, so hebt er sich wieder.

Ist der Kasten auf sein Bette gebracht, und die Mauerung bis zur Oberfläche des Wassers fortgesetzt, so löst man die Seiten des Kastens ab.

349. Um die Pfähle an die richtige Stelle zu bringen, und um sie beim Eintreiben vor dem Auswärtsweichen zu bewahren, kann man einen Rost aus starkem Holze, den man aus ineinander gefügten Lang- und Querhölzern fest zusammen arbeitet, anwenden. Die Querhölzer nimmt man hierzu doppelt, so daß eine Lage über, die andere unter den Langhölzern hindurch geht. Die Oeffnungen dieses Rahmenwerkes läßt man groß genug, um 4 oder 9 Pfähle mit einer zu umfassen.

Dieser Rahmen wird in einer beliebigen Tiefe unter dem Wasser an einigen provisorischen Pfählen befestigt.

350. Bei einer sehr ausgedehnten Baustelle und tiefem Wasser können die hier aufgezählten Gründungsweisen nicht angewendet werden. In solchen Fällen wird zur Gründung eine kleine Insel aus losen Steinblöcken von großem Gewichte gebildet, der man eine Böschung von eins Höhe auf eins Grundlinie bis zu eins Höhe auf sechs Grundlinie gibt, je nachdem das Bett der Einwirkung der Wellen ausgesetzt ist. Dieses Gründungsbett wird mehr oder weniger über die Oberfläche des Wassers erhoben, und darauf dann die Gründung selbst begonnen.

351. Es ist wichtig darauf zu merken, daß wo sehr schwere Massen auf einen unsicheren Grund gelegt werden, der Bau selbst nicht beginne, ehe nicht das Bett selbst sich gehörig gesetzt hat; und selbst dann noch nicht, wenn man befürchten muß, daß sich das Gründungsbett durch das Aufführen des schweren Baues noch weiter setze. Hat man hierüber Zweifel, so muß man das Bett vorläufig mit einem Gewichte belasten, das noch etwas größer ist als das des Baues selbst. Dieses Gewicht entfernt man nach und nach wie der Bau voranschreitet, wenn es nicht durch die Baumaterialien selbst gebildet ist.

352. Bei fließendem Wasser muß der Grund rings um das Bett gegen die Einwirkung des Strömens gesichert werden. Die gewöhnlichste Art ist, schwere Steine, welche der Strom nicht mehr bewegen kann, auf den Grund in großer Menge zu bringen. Diese Methode genügt überall, wo der Grund nicht ausweichend ist, wie Sand und Kies. Um in einem solchen Boden eine Gründung gegen strömendes Wasser zu schützen, hebt man den Grund 1 bis 2 Meter tief um das Gründungsbett aus und füllt diesen Graben mit Beton aus, dessen Oberfläche man mit breiten und flachen schieferigen Steinen belegt, um sie gegen das Abreiben durch Gerölle zu schützen.

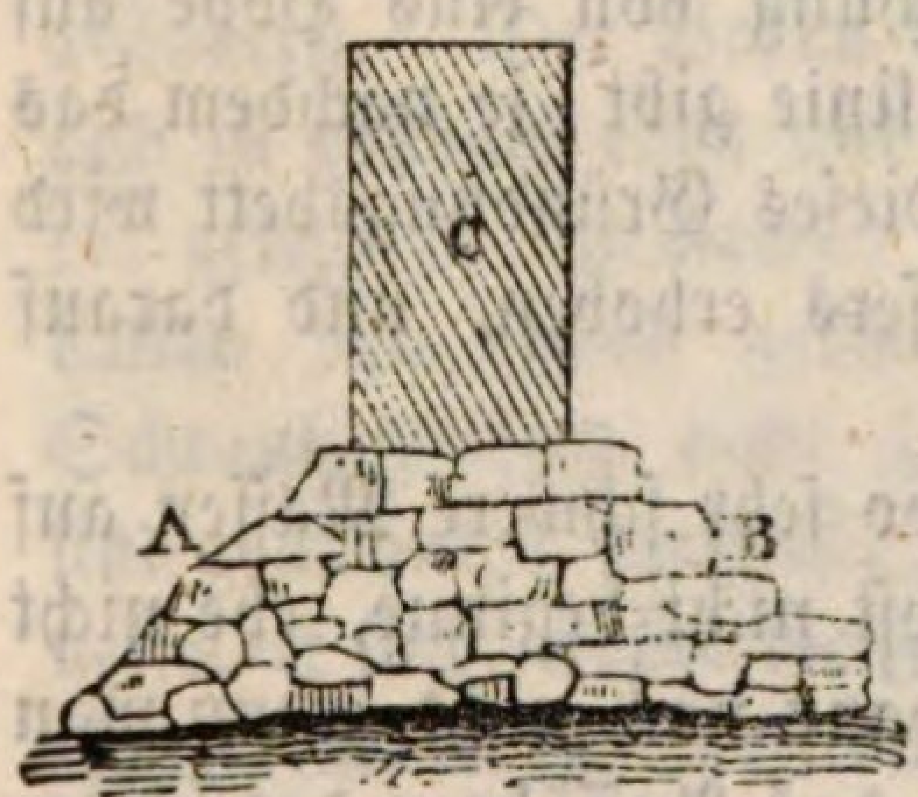
353. Ist der Grund weicher Schlamm auf große Tiefe, so kann man das Bett mit Bohlenpfählen umgeben und den eingeschlossenen Raum mit losen Steinen ausfüllen. Bei sehr weichem Schlamm muß man oft noch die Fläche mit einem Roste oder mit dicht gelegten Faschinen belegen, und diese erst mit den losen Steinen beschweren.

Construction des Mauerwerkes.

354. Hier soll Alles betrachtet werden, was die Bestimmung der Formen und Dimensionen der wichtigsten Elemente eines Baues aus Mauerwerk betrifft, zugleich mit den Einzelnheiten ihrer Construction.

355. Fundamente (**foundation courses; empatement**). Das Fundament soll dem Baue Stabilität geben, indem es sein Gewicht auf eine breitere Grundfläche überträgt; diese Breite wird also dem Gewichte des Baues und der Nachgiebigkeit des Untergrundes proportional seyn müssen. Auf Felsen, welche durchaus nicht nachgeben, wird eine Verbreiterung des Fundamentes über die Grenze, welche gegen das Umwerfen sichert, die Stabilität nicht vermehren; während bei sehr zusammendrückbarem Boden die Grundfläche des Fundamentes sehr breit seyn muß, so daß sich das Gewicht des Baues auf eine sehr große Fläche verbreitet.

Fig. 27. *)



356. Die Basis der Fundamentmauern nimmt man breiter als die obern Ende, um zu sparen. Diese Abnahme in der Breite geschieht entweder in Staffeln oder in einer geneigten Fläche. Das letzte ist jetzt das gebräuchlichere.

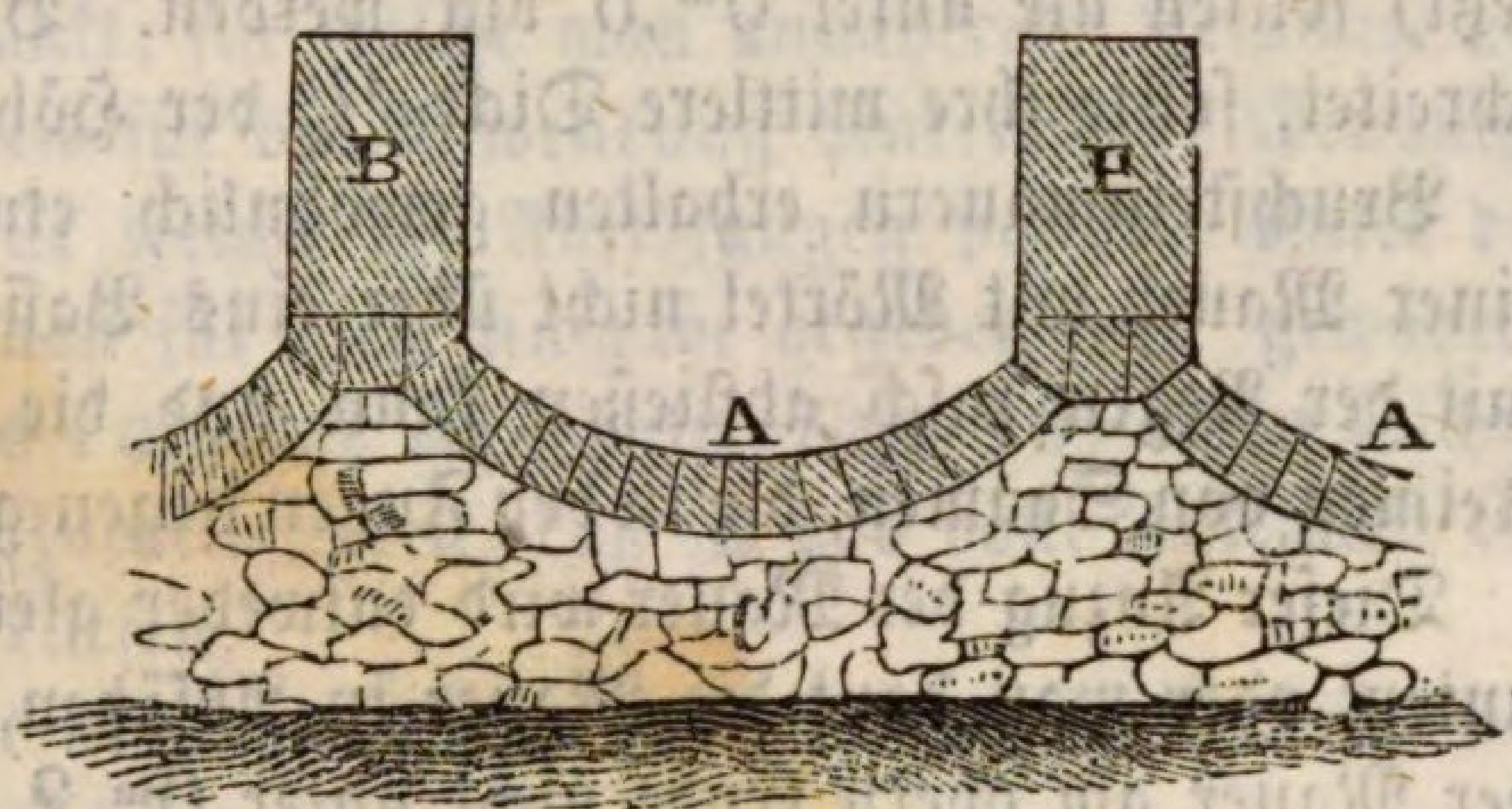
Hat das Fundament nur einen Verticaldruck zu vertheilen, so wird demselben auf beiden Seiten gleicher Anzug gegeben; findet ein Seitenschub statt, so wird der Anzug nur auf der dem Seitenschube entgegengesetzten Seite gegeben, um das Umkanten der Mauer besser zu vermeiden.

*) Fig. 27 zeigt eine Fundamentmauer.
A Böschung.
B Staffeln.
C Oberbau.

357. Die untersten Lagen des Fundamentes werden gewöhnlich aus den größten Steinblöcken gebildet, wobei man diese mit dem Hammer rauh richtet; ist aber das Gründungsbett zusammendrückbar, und sind die Flächen der Steine nicht eben, so ist es besser, kleine Steine zu nehmen und diese mit einer schweren Handramme fest einzustoßen. Diese Steine binden sich besser in das Bett als die großen Steine. Die darauf folgende Schichte muß dann aber aus großen Steinen bestehen, um die kleinen besser zu verbinden und den Druck gleichförmiger auf sie zu vertheilen.

358. Besteht das Fundament in vereinzelten Unterlagen, wie für Pfeiler oder Säulen, so verbindet man diese durch umgekehrte Bogen, um den Druck des Baues auf das ganze Gründungsbett zu vertheilen. Dieses ist nothwendig bei nachgebendem Boden; bei stehendem Grunde hat man nur die Schichten unter jedem einzelnen Träger mit besonderer Sorgfalt aufzuführen.

Fig. 28. *)



Der umgekehrte Bogen wird ebenso bei Gründung einer Mauer mit Gegendamm gebraucht (vergl. Nr. 342.) und wo dem aufwärts gehenden Drucke von Wasser und halbflüssigem Boden entgegengewirkt werden soll.

*) Fig. 28 Durchschnitt verticaler Träger auf umgekehrten Bogen.
A umgekehrte Bogen.
B verticale Träger.
C Steinbett.

359. Die Ecken der Fundamente müssen aus den größten Steinen gebildet werden. Die Schichten müssen durch das ganze Fundament gleichzeitig aufgeführt werden, um ungleiches Setzen desselben zu vermeiden.

Die Steine der obersten Schichte des Fundamentes sollten hinreichend groß seyn, damit die nächste Schichte des Oberbaues noch auf die äußeren Steine dieser Schichte zu liegen kommt.

360. Für die Fundamentmauern soll man hydraulischen Mörtel verwenden, und der Oberbau sollte nicht bälder begonnen werden, bis der Mörtel angefangen hat durch das ganze Fundament zu erhärten.

361. Elemente eines Baues aus Mauerwerk. Man kann diese je nach dem Drucke den sie zu tragen haben, in verschiedene Klassen eintheilen; ihre Form und ihre Dimensionen hängen von dem zu leistenden Widerstande ab.

1) Solche, die nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben und keinen Seitendruck erleiden, wie Umfassungsmauern.

2) Solche, die neben ihrem eigenen Gewichte noch einen verticalen Druck erleiden, wie die Mauern der Häuser, Pfeiler, Säulen.

3) Solche, die einem Seitendruck zu widerstehen haben, welcher von dem Schub eines Zimmerwerkes, eines Bogens, von Erde oder Wasser herrührt.

4) Solche, die einen Verticaldruck durch ihre relative Festigkeit zu tragen haben, wie die Stürze der Thüren und Fenster.

5) Solche, welche den auf ihnen lastenden Druck seitwärts tragen, wie die Gewölbe.

362. Umfassungsmauern. Diese können von Backsteinen, Bruchsteinen oder als Trockenmauer aufgeführt werden.

Backsteinmauern werden gewöhnlich mit beiden Außenseiten vertical aufgeführt; ihre Dicke kann nicht geringer seyn als die eines Backsteines. Eine Mauer aus 1 $^1/_2$ Backsteinen in der Dicke ist für jede Länge recht, wenn die Höhe nicht über $4^m,5$ bis 6 Meter beträgt.

Bruchsteinmauern sollten nie unter $0^m,45$ dick aufgeführt werden, wenn beide Seiten vertical sind. Rondelet stellt in seinem Werke **l'Art de bâtir** die Regel auf, daß die mittlere Dicke einer hohen Mauer aus Backsteinen oder aus Bruchsteinen $^1/_{16}$ ihrer Höhe seyn sollte.

Trockenmauern (Mauern ohne Mörtel aus loosen Steinen zusammengesetzt) sollten nie unter $0^m,6$ dick werden. Bei einer Höhe, die $3^m,6$ überschreitet, sollte ihre mittlere Dicke $^1/_6$ der Höhe seyn.

Bruchsteinmauern erhalten gewöhnlich etwas Anzug. Dieser sollte bei einer Mauer mit Mörtel nicht über eins Basis auf sechs Höhe betragen, damit der Regen rasch abfließen kann und die Mauer nicht zu sehr durch das Keimen von Saamen, die in den Fugen liegen geblieben sind, angegriffen werde.

Dieser Anzug der Mauer wird entweder gleichmäßig vertheilt von oben bis unten, oder man baut die Mauer in Absätzen. In jedem Falle darf die Dicke der Mauer am obern Ende nicht unter $0^m,2$ bis $0^m,3$ betragen.

Ist die mittlere Dicke einer Mauer und ihre Dicke am obern Ende bestimmt, so findet man die untere Dicke, wenn man die obere von der doppelten mittleren Dicke abzieht.

Die mittlere Dicke einer langen Mauer kann man vortheilhaft durch Aufrichtung von Strebepfeilern auf jeder Seite und in gleichen Entfernungen vermindern. Dieses sind Vorsprünge von Mauerwerk, welche auf eine kurze Strecke die Mauer bekleiden und in zweckmäßigem Verband mit dieser stehen; die horizontalen Querschnitte der Strebepfeiler sind Rechtecke; ihre Höhe ist dieselbe wie die der Mauer.

Bei Bruchsteinmauern werden die Strebepfeiler gerne aus gerichteten Steinen und selbst aus Hausteinen erbaut. Zu diesen Mitteln den Mauern Stärke zu geben, kann man noch Bänke von Quadersteinen in verschiedenen Tiefen durch diese gehen lassen.

363. Verticale Träger. Diese sind je nach den Umständen Mauern, Säulen oder Pfeiler. Ihr Querschnitt hängt von dem Gewichte ab, das sie zu tragen haben. Wenn wie bei Gebäuden die Resultante der verschiedenen Pressungen, welchen die Mauer zu widerstehen hat, nicht vertical ist, so muß sie die Grundfläche der Mauer nicht so nahe an der äußeren Kante durchschneiden, daß der Stein der untersten Schichte dem Zerdrücken ausgesetzt ist.

Bei breiten eingeschlossenen bedeckten Räumen kann man die Dimensionen der Mauern wie bei den Umfassungsmauern bestimmen, wobei man nur die so erhaltenen Dicken im Verhältnisse zu der tragenden Last vermehrt. Quermauern zwischen den äußeren Mauern können als Strebepfeiler für diese betrachtet werden.

364. Der Grund zwischen den Fundamentmauern muß zuweilen mit Mauerwerk ausgefüllt werden; hat dieses einen Druck nach oben auszuhalten, wie bei Kellerböden von höher stehendem Wasser, so muß die Dicke dieses Mauerwerkes und seine Anordnung hierzu richtig gewählt werden. Bei größerem Drucke wird man ein umgekehrtes Gewölbe anwenden müssen.

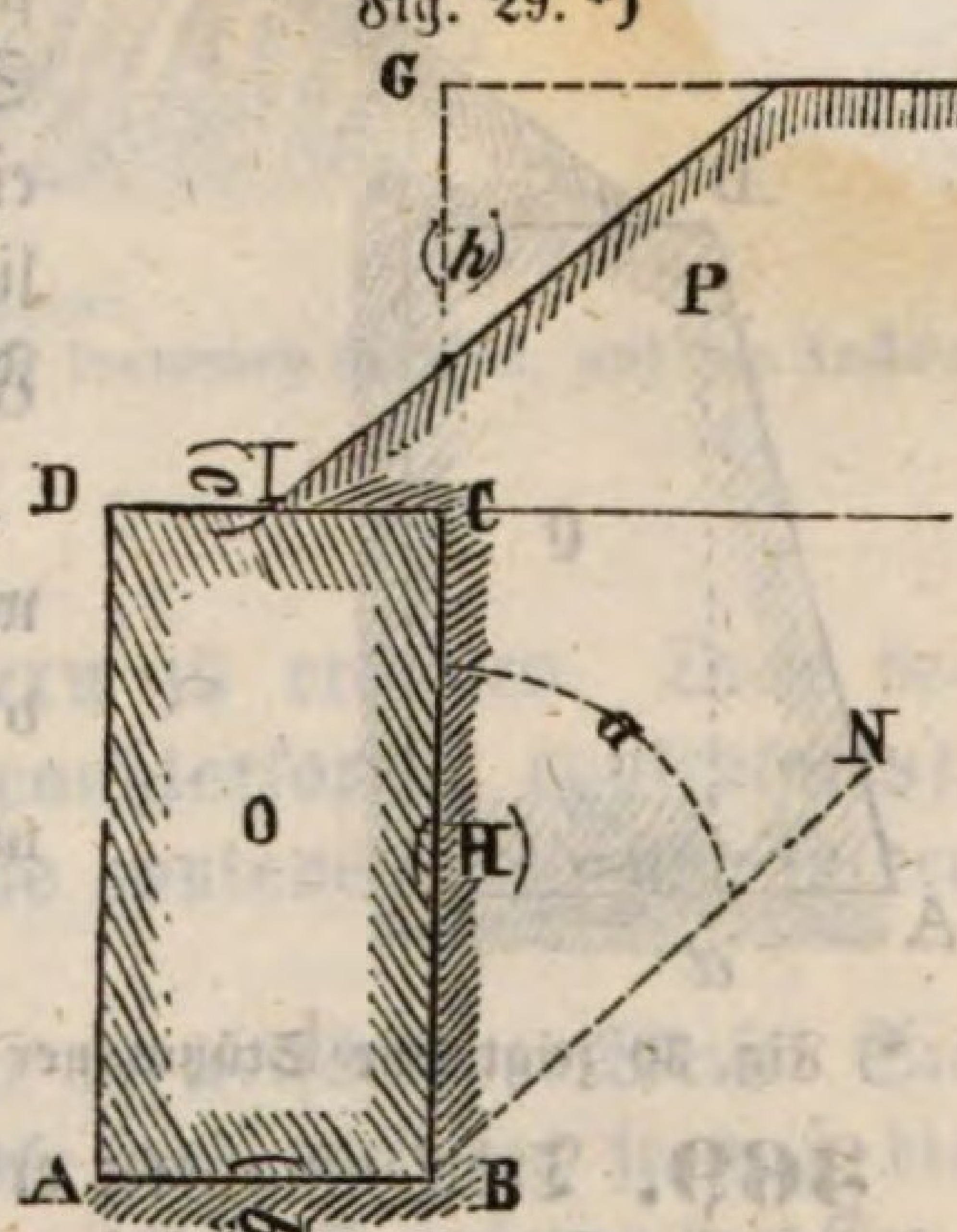
365. Stützmauern, Futtermauern (retaining, soustaining walls; murs de revêtement, de soutenement). So nennt man Mauern, welche dem Seitendrucke von Erde oder Wasser zu widerstehen haben.

366. Stützmauern können über die oberste Schichte des Fundamentes abgleiten, oder sich in irgend einer der horizontalen Fugen trennen und abgleiten, oder endlich um die äußere Kante einer der Fugen umgeworfen werden.

367. Die Bestimmung der Form und der Dimensionen der Stützmauern ist eine schwierige Aufgabe, und die mathematischen Auflösungen derselben sind auf besondere Fälle beschränkt, für welche man annähernde Resultate erhalten hat; diese liefern übrigens für die Anwendung hinreichende Genauigkeit innerhalb der Grenzen, für welche die Auflösungen passen. Unter der Menge von Lösungen, welche man für diese Aufgabe gegeben hat, gewähren die von Poncelet (**Mémorial de l'officier du génie, Nro. 10**) einen solchen Grad von Vollständigkeit und Zuverlässigkeit, daß sie das volle Zutrauen der Praktiker in Anspruch nehmen dürfen.

Die folgende Formel, welche dem erwähnten Aufsatze entnommen ist, bezieht sich auf die Drehung der Stützmauer:

Fig. 29. *)



Ist H die Höhe BC (Fig. 29) einer verticalen Stützmauer von gleicher Dicke.
- h die mittlere Höhe CG des von der Stützmauer getragenen Erddammes.
- c die Berme DI oder der Vorsprung der Mauer vor den Erddamm.
- a der Winkel zwischen der natürlichen Böschungsfläche BN der Erde und den Verticalen BG.
- $f = \text{cotg.}\,\alpha$ der Reibungscoefficient der Erde.
- w das Gewicht von einem Kubikmeter Erde.
- w' das Gewicht von einem Kubikmeter Mauerwerk.
- b die Breite der Mauer,

so ist

$$b = 0{,}74 \operatorname{tang} {}^1/_2\alpha \sqrt{\frac{w}{w'}(h + 1{,}126H) + 0{,}0488h - 0{,}56c \operatorname{tang}\alpha \left(\frac{h}{H} - 0{,}6\frac{w}{w'}\right)\left(\frac{h}{H} - 0{,}25\right)}$$

*) Fig. 29 stellt den Durchschnitt einer verticalen Stützmauer dar. P Durchschnitt der gehaltenen Erde.

Diese Formel gibt die Dicke der Stützmauer mit hinreichender Genauigkeit, wenn folgende Verhältnisse stattfinden. Es muß

c zwischen 0 und $^1/_5$H liegen;
f zwischen 0,6 und 1,4 oder α zwischen 70° und 35°; den ersten Winkel gibt feiner trockener Sand, den letzten schwere fette Erde;
w zwischen w' und $^3/_5$w'.

Innerhalb dieser Grenzen beruht die Formel auf der Annahme, daß der Ueberschuß der Stabilität dieser Mauern über das genaue Gleichgewicht durch 0,912 vorgestellt seyn soll, oder daß das Moment des Drucks gegen die Mauer 0,912 Mal größer genommen wurde als dasselbe wirklich ist. Dieser Ueberschuß an Stabilität findet sich an den Stützmauern, welche Vauban bei seinen Fortifikationen anlegte und welche nun über ein Jahrhundert lang stehen.

Man findet die Resultate dieser Formel in einer Tabelle berechnet, unter Andern in dem „Vademecum für den praktischen Ingenieur und Baumeister von Breymann u. A.," Stuttgart bei J. B. Müller 1849.

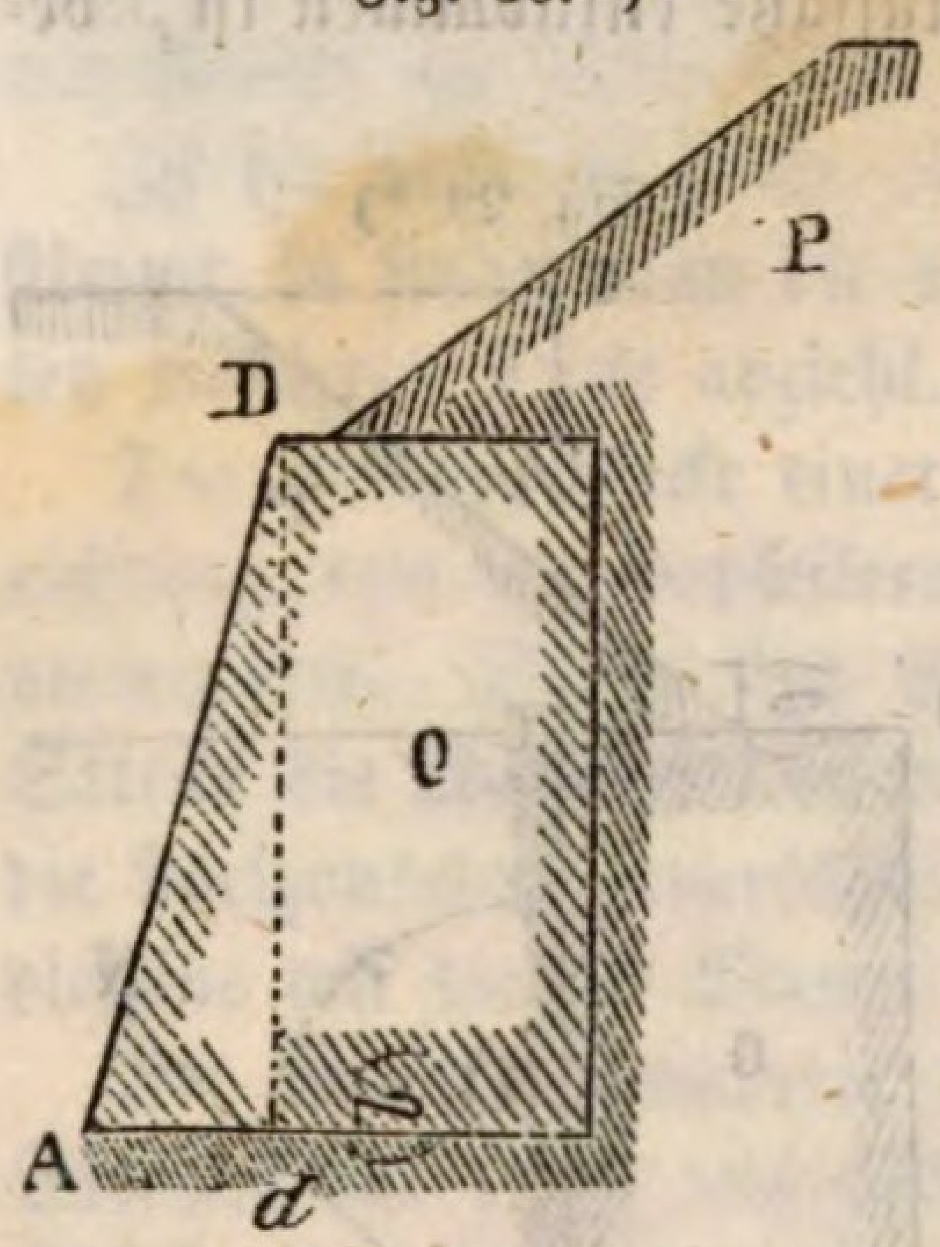
Für die Grenzen h = 0 und h = H gibt die folgende einfachere Formel für die Praxis hinreichend genaue Resultate:

$$b = 0{,}845\,(H + h)\,tg\,{}^1/_2\,\alpha \sqrt{\frac{w}{w'}}.$$

oder für gewöhnliches Mauerwerk noch einfacher:

$$b = 0{,}285\,(H + h).$$

Fig. 30.*)



368. Ist nach der vorstehenden Nummer die Dicke einer verticalen Mauer bestimmt, so findet man die Dicke einer andern, welche gleiche Stabilität gibt, aber eine geneigte Fronte und eine verticale Rückseite hat, welches die gewöhnliche Form der Stützmauern ist, nach folgender Formel:

$$b' = b + {}^1/_{10}\,nH,$$

worin

b' die Dicke der Mauer an der Grundfläche,

$n = \frac{Ad}{Dd}$ Das Verhältniß der Grundlinie der Neigung zur Höhe ist.

*) Fig. 30 zeigt eine Stützmauer mit geneigter Außenseite.

369. Trockenmauern erhalten etwa $^5/_4$ dieser Dicke.

370. In der angeführten Abhandlung zeigt Poncelet, daß ein Abgleiten an der Grundfläche oder in einer horizontalen Fuge nicht zu befürchten sey, sobald man die Dicke der Mauer nach der vorstehenden Formel berechne und h nicht größer als 4H werde; besonders dann wenn man die Mauer sich ordentlich setzen lasse, ehe man die Hinterfüllung vornimmt.

371. Querschnitt der Stützmauern. Man hat den Stützmauern die mannigfaltigsten Querschnitte gegeben. Der gewöhnlichste ist ein Paralleltrapez mit verticaler Rückseite und schiefer Vorderseite, deren Neigung von 1 Basis auf 6 Höhe bis zu 1 Basis auf 24 Höhe sich änderte. Die erste Grenze ist wie schon gesagt wegen des Einflusses der Witterung genommen; die letzte nähert sich beinahe der verticalen Lage.

371. Der vortheilhafteste Querschnitt ist in Bezug auf die Masse des erforderlichen Mauerwerkes ein geneigtes Paralleltrapez, wobei man aber der Hinterfläche höchstens eine $^1/_6$füßige Böschung (1 Basis auf 6 Höhe) geben darf. Die Verticale vom Schwerpunkte des Querschnittes muß dabei noch weit genug innerhalb die Grundlinie desselben fallen, um sicher seyn zu können, daß die innere Kante der Stützmauer nicht abgedrückt wird.

372. Für Ufermauern hat man in England auch gekrümmte Außenflächen angewendet; sie gewähren keine Vortheile in Bezug auf Festigkeit und erfordern eine besondere Sorgfalt in der Herstellung.

Fig. 31. *)

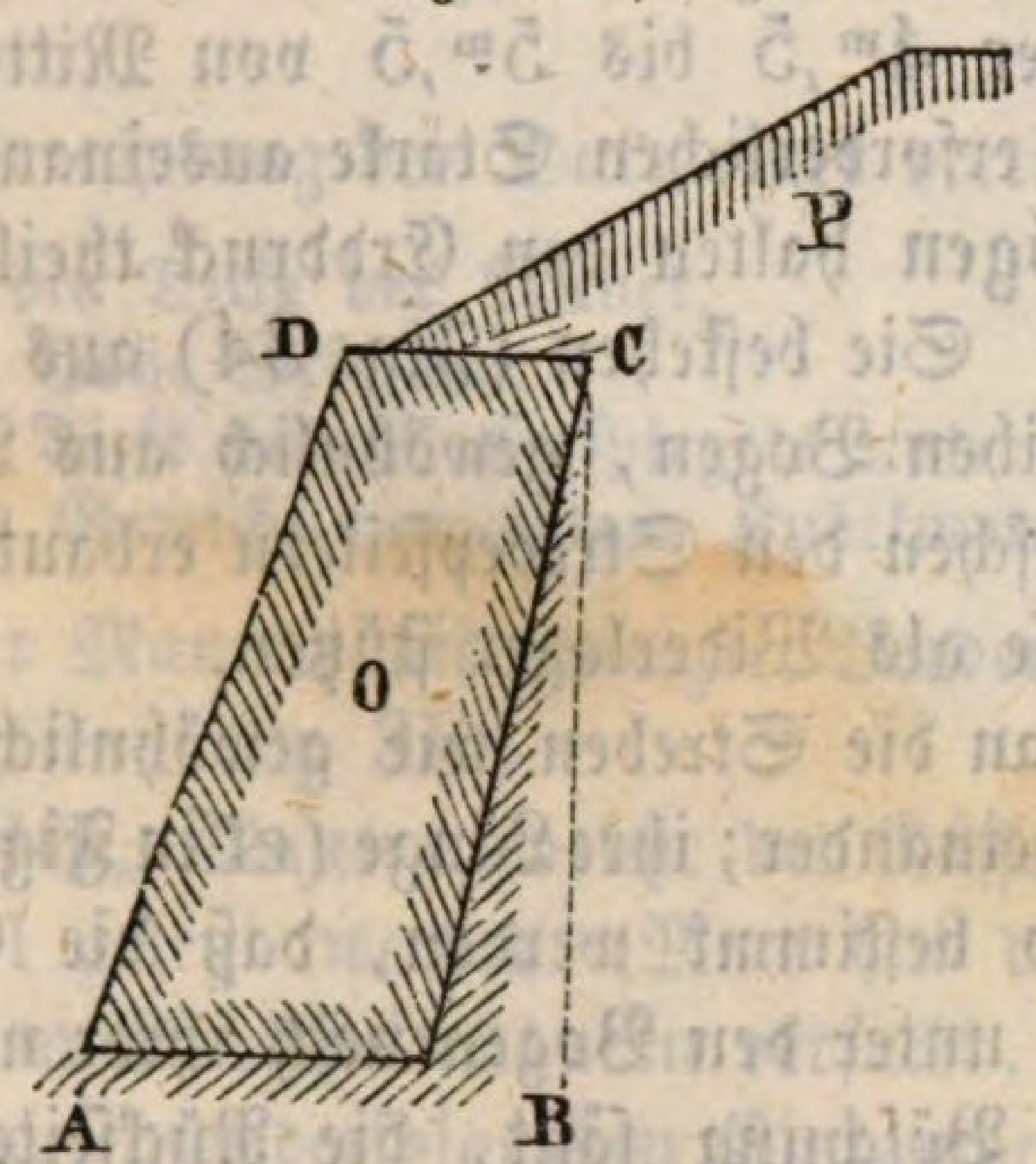
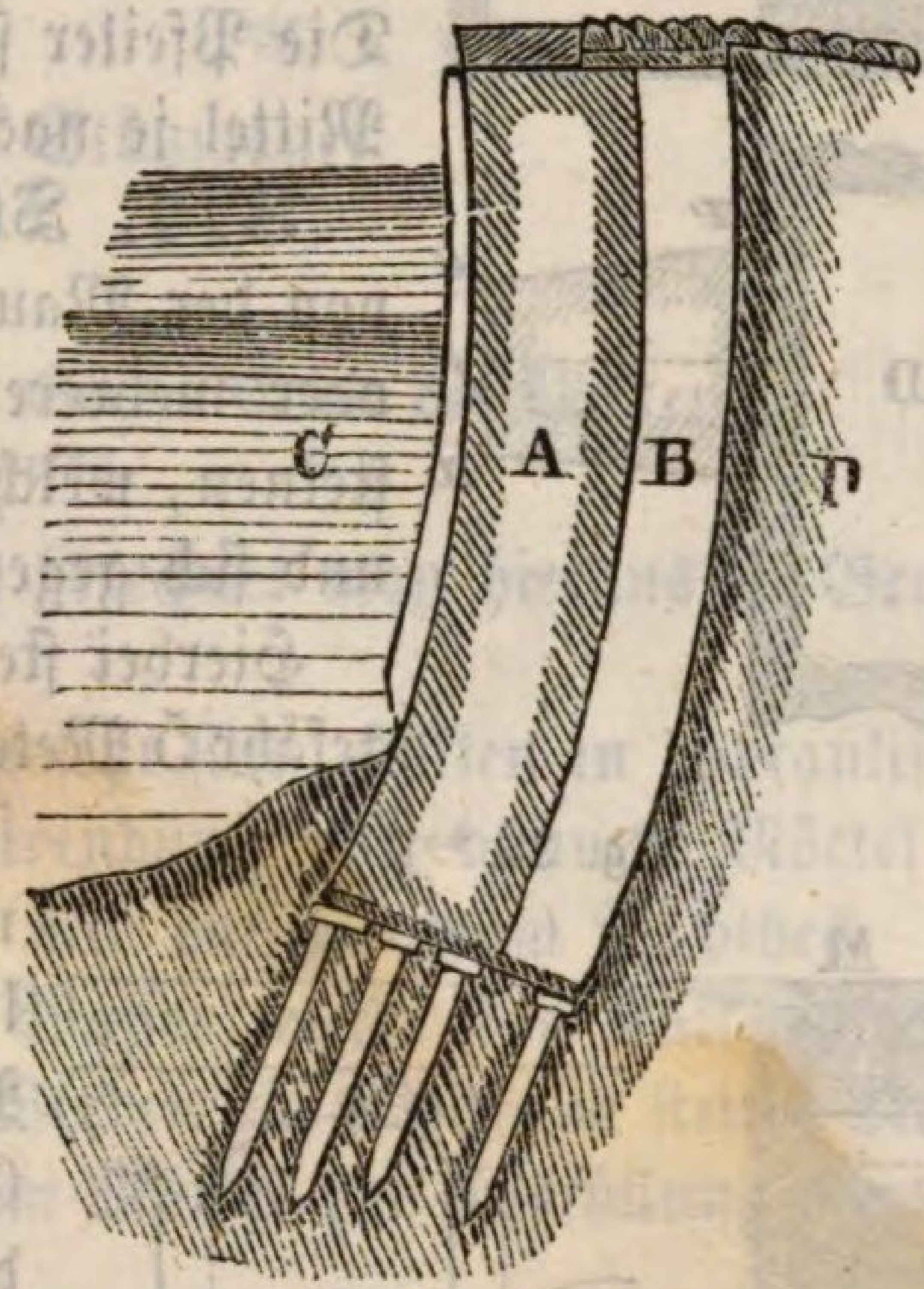


Fig. 32. **)



*) Fig. 31 zeigt den Querschnitt einer geneigten Stützmauer.
**) Fig. 32 zeigt den Querschnitt A einer Stützmauer mit krummen Flächen, und die Ansicht B der Strebepfeiler.
C Wasser.
D Erde hinter der Mauer.

373. Mittel die Stärke der Stützmauern zu erhöhen. Diese bestehen in der Erbauung von Strebepfeilern (**counterforts; contreforts**), von Stützbögen (**relieving arches; voûtes de soutenement**) und in der Art den Erdwall zu bauen.

374. Strebepfeiler unterstützen eine Mauer auf verschiedene Weise. Sie theilen die ganze Mauerlänge in kürzere Stücke und verhüten so daß die Mauer in der Mitte auswärts gleitet und bauchig wird; sie nehmen den Erddruck weiter hinten auf und geben also weniger Veranlassung zum Umwerfen der Mauer; die Seiten der Streben dienen der Erde zwischen denselben als Widerlager, und Sand und ähnlicher Grund steht gewölbartig zwischen denselben und hebt den Druck des obern Sandes auf den untern theilweise auf, vermindert also den Druck gegen die Mauer.

375. Der horizontale Querschnitt eines Strebepfeilers kann rechtwinklig oder trapezförmig seyn. Gegen die Rückseite der Mauer bietet die rechteckige Form größere Stabilität und ist wohlfeiler; die Trapezform gibt eine breitere und deßhalb stärkere Verbindung zwischen der Mauer und dem Pfeiler, und ist deßhalb da zu beachten, wo wegen der Art der gebrauchten Materialien

Fig. 33. *)



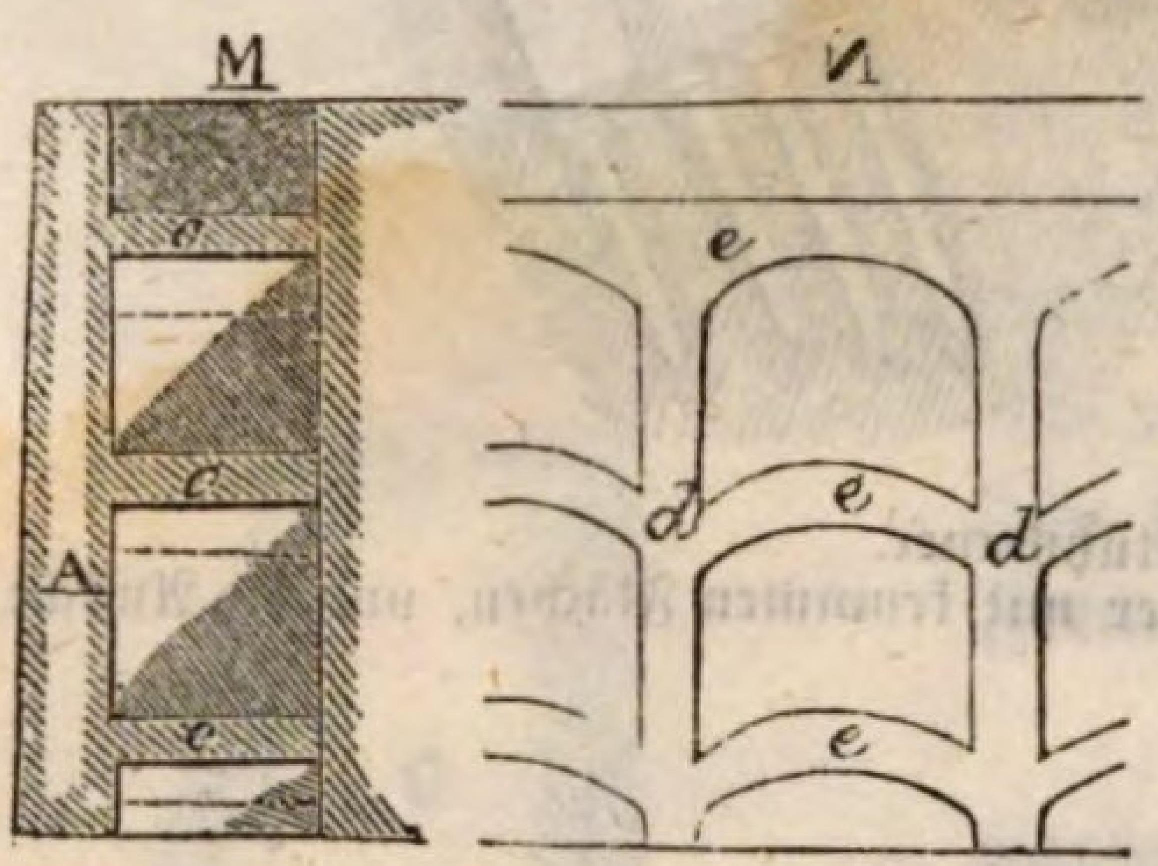
die Festigkeit hauptsächlich auf dem Verband durch den gebrauchten Mörtel beruht.

376. Strebepfeiler sind besonders bei den Stützmauern der Festungswerke häufig gebraucht worden. Bei der Feststellung ihrer Formen und Größen hat man besonders die Praxis von Vauban befolgt, welcher die Trapezform nahm und die Höhe ef des Trapezes gleich $^2/_{10}$ der Höhe der Stützmauer mehr $0^m,6$ setzte, die Grundfläche ab gleich $^1/_{10}$ der Höhe mehr $0^m,6$ und die Seite cd gleich $^2/_3$ der Grundfläche. Die Pfeiler stellt er $4^m,5$ bis $5^m,5$ von Mittel zu Mittel je nach der erforderlichen Stärke auseinander.

377. **Stützbögen** halten den Erddruck theilweise von der Mauer ab Sie bestehen (Fig. 34) aus einer oder mehreren Reihen Bogen, gewöhnlich aus Backsteinen, welche zwischen den Strebepfeilern erbaut sind und sich gegen diese als Widerlager stützen.

Hierbei stellt man die Streben wie gewöhnlich ungefähr 5 Meter auseinander; ihre Länge (ef in Fig. 33) soll so bestimmt werden, daß die Erde, welche unter den Bogen nach ihrer natürlichen Böschung fällt, die Rückseite der Mauer nicht mehr erreicht. Die Dicke der Gewölbe wie die der Streben hängt von dem Gewichte ab, das die Bogen zu tragen haben. Die Dimensionen der Mauer werden nach dem verminderten Drucke, den die Bogen gegen sie ausüben, bemessen, und nach der Lage des Punktes, in welchem dieser Druck stattfindet.

Fig. 34. **)



*) Fig. 33 zeigt einen Verticalschnitt
A der Stützmauer,
B der Strebe, — und einen Grundriß
D der Stützmauer und
E des Strebepfeilers.

**) Fig. 34 zeigt einen Durchschnitt M und einen Aufriß N einer Mauer mit drei Reihen Stützbögen.
A Durchschnitt der Mauer.
c, c, c Durchschnitte der Bogen durch ihre Scheitel.
d, d Aufriß der Strebepfeiler.
e, e Aufriß der Stützbogen.

378. Ist es nothwendig, die Erde aufzufüllen, ehe der Mörtel der Stützmauern hinreichend erhärtet ist, so wendet man verschiedene Mittel an, die Mauer gegen den Erddruck zu sichern. Die Auffüllung zunächst an der Mauer kann mit einer dichten, bindenden Erde gemacht werden, welche in Schichten, welche von der Rückseite der Stützmauer abwärts geneigt sind, aufgestampft werden; oder mit einem steifen Mörtel aus Thon oder Sand mit etwa $^1/_{20}$ Kalk. Anstatt die Erde unmittelbar mit der Mauer in Berührung zu bringen, kann man Steine oder Faschinen in einer passenden

Dicke hinter die Mauer bringen. Die Vorsicht den Mörtel gehörig erhärten zu lassen, ehe man mit dem Erdauffüllen beginnt, sollte niemals außer Acht gelassen werden, wenn es nicht durchaus nothwendig ist, und dann muß man dem Verbande der Steine in der Mauer besondere Sorge zuwenden.

379. Mauern, welche den Druck von Wasser auszuhalten haben, werden in Form und Dimensionen ebenso festgestellt wie die Stützmauern für Erde. Die Berechnung ist hier viel einfacher; die Tragkraft des Wassers muß dabei beachtet werden. Poncelet gibt die Formel

$$b = 0{,}865\,(H - h)\sqrt{\frac{1000}{w}}$$

zur Berechnung der Dicke einer verticalen Stützmauer.

b ist die Dicke der Mauer,
H die Höhe derselben,
h die Tiefe des Wasserspiegels unter dem oberen Ende der Mauer,
w das Gewicht von einem Kubikmeter Mauer.

Für Mauern mit geneigter Vorderfläche berechnet man hieraus die Grunddicke wie in Nr. 368.

380. Mauern, welche der Nässe ausgesetzt sind, sollten in hydraulischen Mörtel gelegt werden. Man hat die Anwendung von dünnem Mörtel bei schweren Bruchsteinmauern versucht, aber mit entschiedenem Nachtheil. Bei dem aufeinanderfolgenden Eintauchen in Wasser wurde der Kalk aufgelöst und es blieb ein trockner looser Mörtel. Werden die Steine in steifen Mörtel gelegt, so kann ein Uebergießen mit dünnem Mörtel zur Ausfüllung etwaiger Höhlungen von Nutzen seyn.

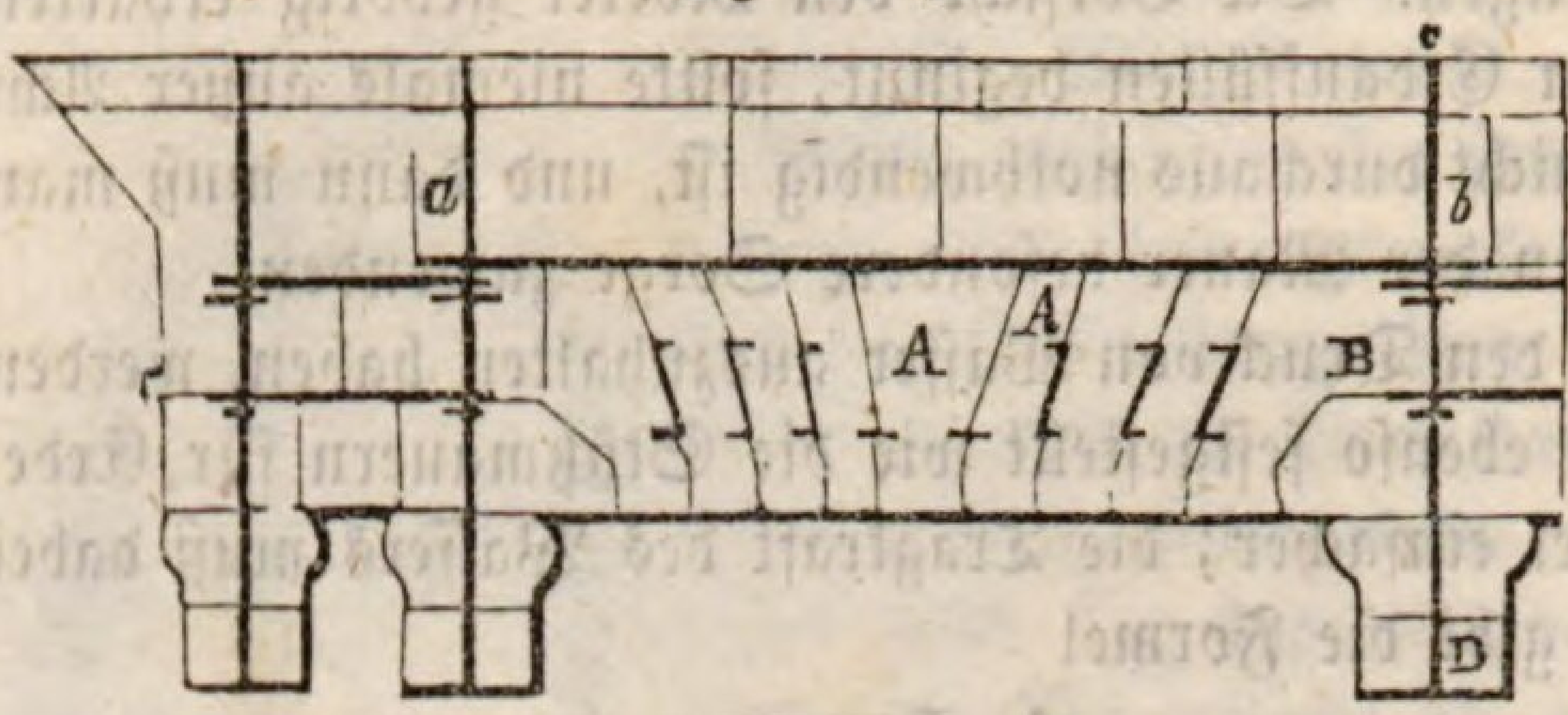
381. Häufig hat man Beton zur Ausfüllung des Innern zwischen der Vorder- und Rückseite einer wasserdichten Mauer verwendet; es bietet dieses keinen Vortheil gegen Mauern aus Steinen, die gut in hydraulischen Mörtel gelegt sind, und verursacht leicht ein ungleiches Setzen der Mauer, wenn man nicht große Sorgfalt anwendet.

382. Wird ein Gewicht, das von einer Mauer oder Erde oder anderswoher rührt, durch zwei oder mehrere einzeln stehende Stützen getragen, so kann die Last zwischen zwei solchen Stützen durch einen einzelnen Stein getragen werden, welcher dann S t u r z (lintel) heißt, oder durch eine Verbindung von Steinen zu einem B o g e n, G e w ö l b e.

383. Sturz (lintel). Bei dem geringen Widerstande, den Steine einem Seitendrucke oder einem Stoße entgegensetzen, kann man Sturze von gewöhnlichen Dimensionen nicht mehr allein mit Sicherheit anwenden, wenn die Spannweite über zwei Meter beträgt. Für größere Spannweiten wird schwacher Backsteinbogen über den Sturz geführt und er so gegen den Druck des oberhalb liegenden Mauerwerkes geschützt.

384. **Scheidrechtes Gewölbe, Binde** (plate-bande). Dieses ist eine gewölbartige Verbindung von keilförmigen Steinen, bei welchem die innere Wölbungslinie eine gerade ist. Die keilförmigen Steine tragen den Druck seitwärts gegen Widerlager fort (Fig. 35).

Fig. 35. *)



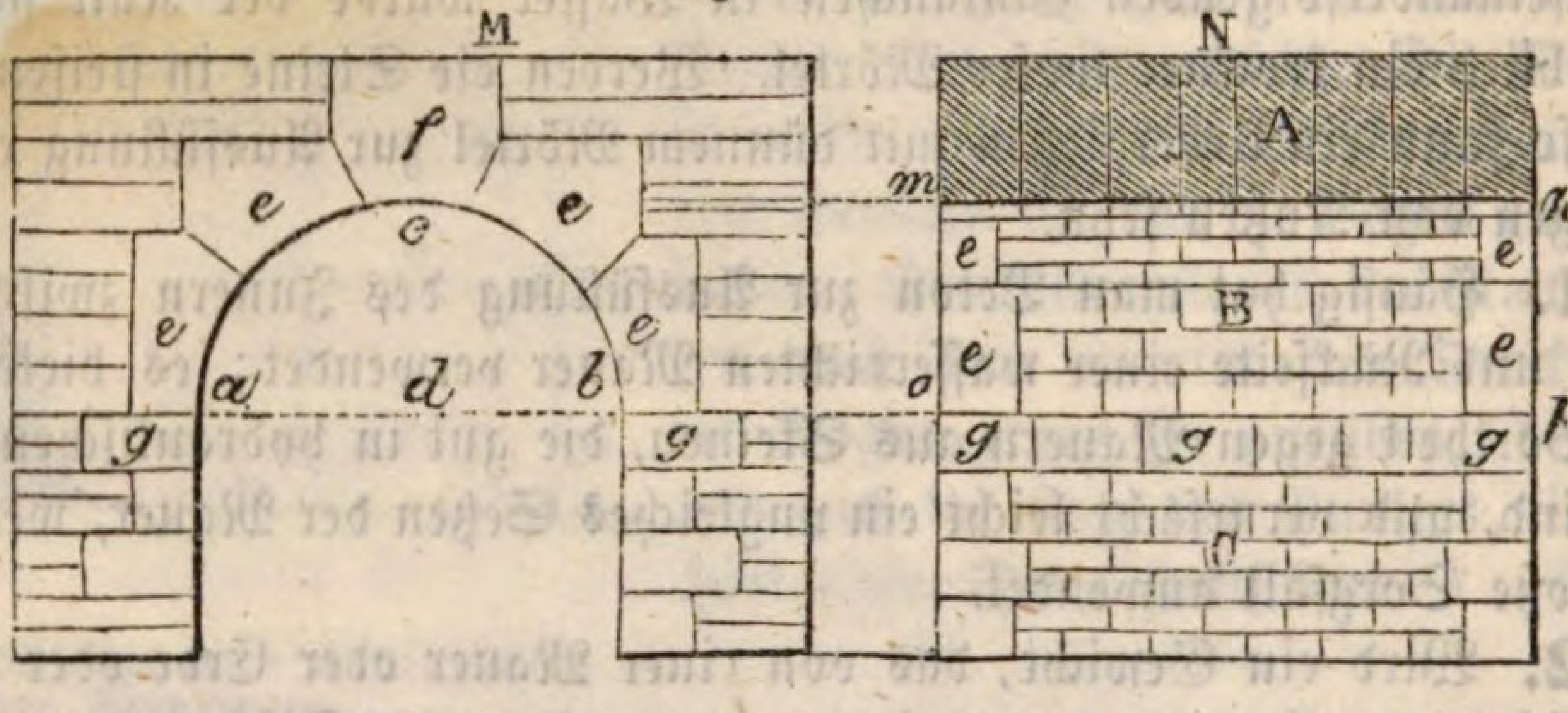
Scheidrechte Gewölbe sollte man nur für kleine Spannweiten gebrauchen, da die obern Kanten der Gewölbsteine bei den scharfen Winkeln sehr leicht aussplittern. Beträgt die Spannweite 3 Meter oder mehr, so

*) Fig. 35 zeigt den Durchschnitt eines scheidrechten Gewölbes, worin man sieht, wie die Gewölbsteine geschnitten und durch eiserne Klammern verbunden sind.
ab eisernes Band, das die Bolzen cd, welche in den Pfeilern liegen, umfaßt.

bringt man über demselben einen Bogen von Backsteinen an. Um den scheidérechten Gewölben mehr Festigkeit zu geben, werden oft die Lagerfugen gebrochen und die Steine mit eisernen Klammern zusammengehalten. Können die Pfeiler nicht stark genug gemacht werden, so hält man das Gewölbe durch eine zweckmäßige Verankerung durch eiserne Bänder zusammen.

385. Bögen, Gewölbe (arches; voûtes). Die innere Begrenzungslinie heißt die innere, die äußere Begrenzungslinie die äußere Wölblinie (**intrados, sofflt; extrados, back**). In der Regel stehen die Lagerfugen der einzelnen Gewölbsteine auf der innern Wölblinie rechtwinklig.

Fig. 36. *)



*) Fig. 36 zeigt einen Aufriß M eines geraden halbkreisförmigen Gewölbes, und einen Schnitt N durch den Scheitel des Gewölbes.
ab Spannweite des Gewölbes.
dc Pfeil des Gewölbes, die Wölbungshöhe.
acb innere Wölblinie.
e, e Wölbsteine, die Häupter des Gewölbes, welche die Stirnfläche des Gewölbes bilden.
f der Schlußstein.
g Kämpfer.
mn der Scheitel des Gewölbes.

386. Die äußersten Steine des Gewölbes, die Anfänger, ruhen auf Trägern, den Widerlagern (**abutments; pieds droits, culées**), welche sowohl das Gewicht des Gewölbes und dessen, was darauf liegt, zu tragen haben, als dem Seitenschub des Gewölbes Widerstand leisten müssen.

387. Bei einer Reihe nebeneinanderliegender Gewölbe nennt man nur die äußersten Stützen Widerlager, die Stützen zwischen den Bogen nennt man Pfeiler (**piers; piliers**); sie haben nur das Gewicht des Gewölbes zu tragen, wenn beide Bogen, die sich auf den Pfeiler stützen, gleich sind, da sich in diesem Falle die Seitenpressungen von beiden Seiten her gegenseitig aufheben.

388. Die Gewölbe werden nach der Form der Wölbungsfläche eingetheilt. Ist diese eine cylindrische, so heißt das Gewölbe ein Tonnengewölbe (**cylindrical arche; voûte cylindrique**); ist die Wölbfläche eine Rotationsfläche, so heißt dasselbe ein Kuppelgewölbe (**dome; dôme**). Durchschneiden sich zwei Tonnengewölbe, so entsteht je nachdem man die äußeren oder den innern Theil der sich schneidenden Cylinder stehen läßt, ein Kreuzgewölbe (**groined arche**), oder ein Klostergewölbe (**cloistered arche**). Liegen bei einem Tonnengewölbe die Scheitel aller Wölblinien in einer geraden Linie, so heißt dasselbe gerad, und ist je nach der Lage jener Linie entweder wagrecht, oder hängend, oder steigend.

389. Tonnengewölbe. Dieß ist das am häufigsten gebrauchte Gewölbe. Je nach der Form des Schnittes der innern Wölbung durch eine auf die Achse rechtwinklige Ebene nennt man das Gewölbe einen Halbkreisbogen, auch einen vollen Bogen, einen Segmentbogen, einen elliptischen Bogen; ist diese Linie eine Zusammensetzung von mehreren sich gegenseitig berührenden Kreisbogen, welche einer halben Ellipse sich mehr oder weniger nähert, so heißt diese ein gedrückter Bogen, eine Korblinie von 3, 5 rc. Mittelpunkten (Fig. 37). Schneiden sie dagegen die Bögen im Scheitel, so entsteht ein Spitzbogen (Fig. 38).

Fig. 37. *)

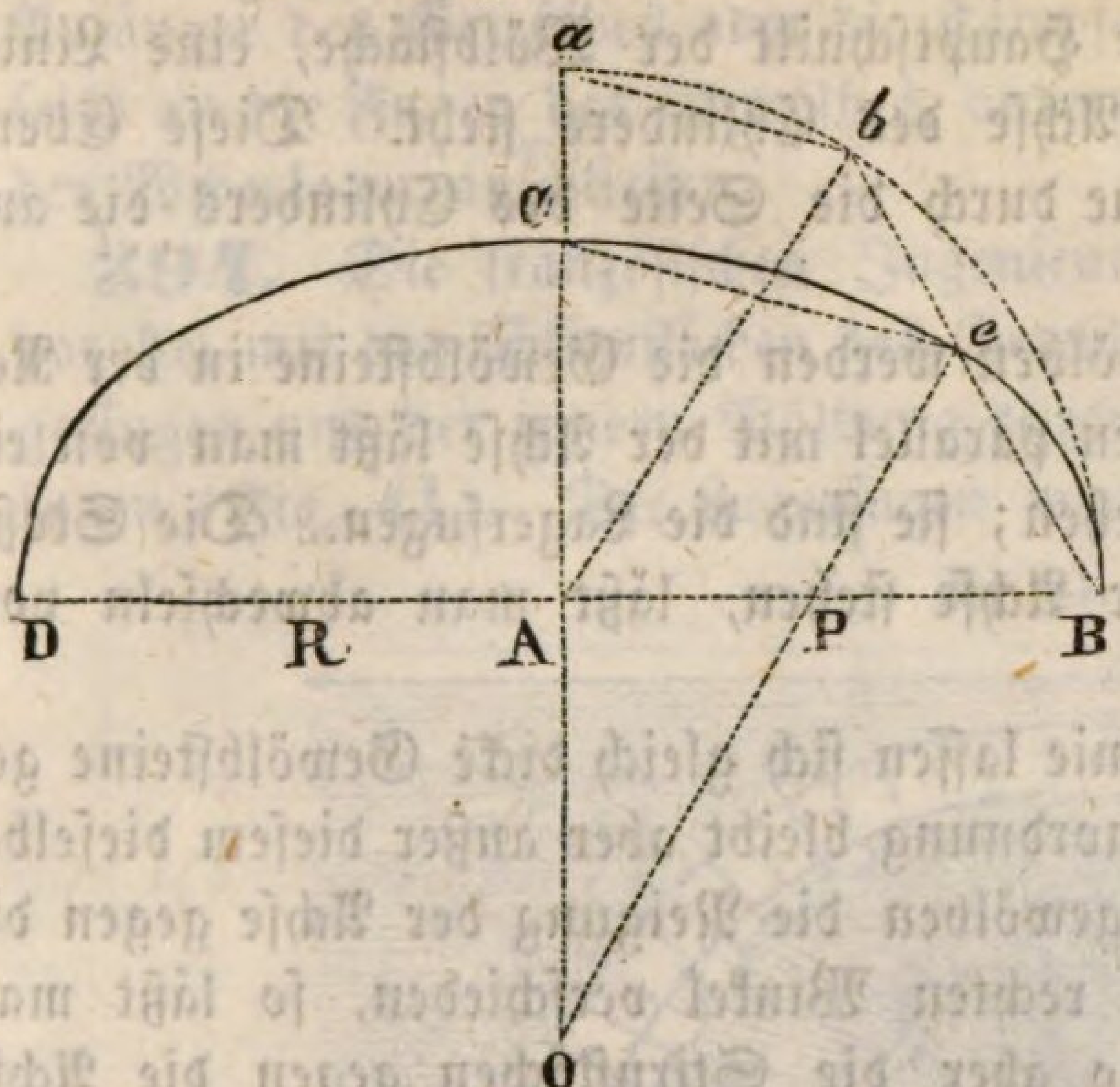


Fig. 38. **)

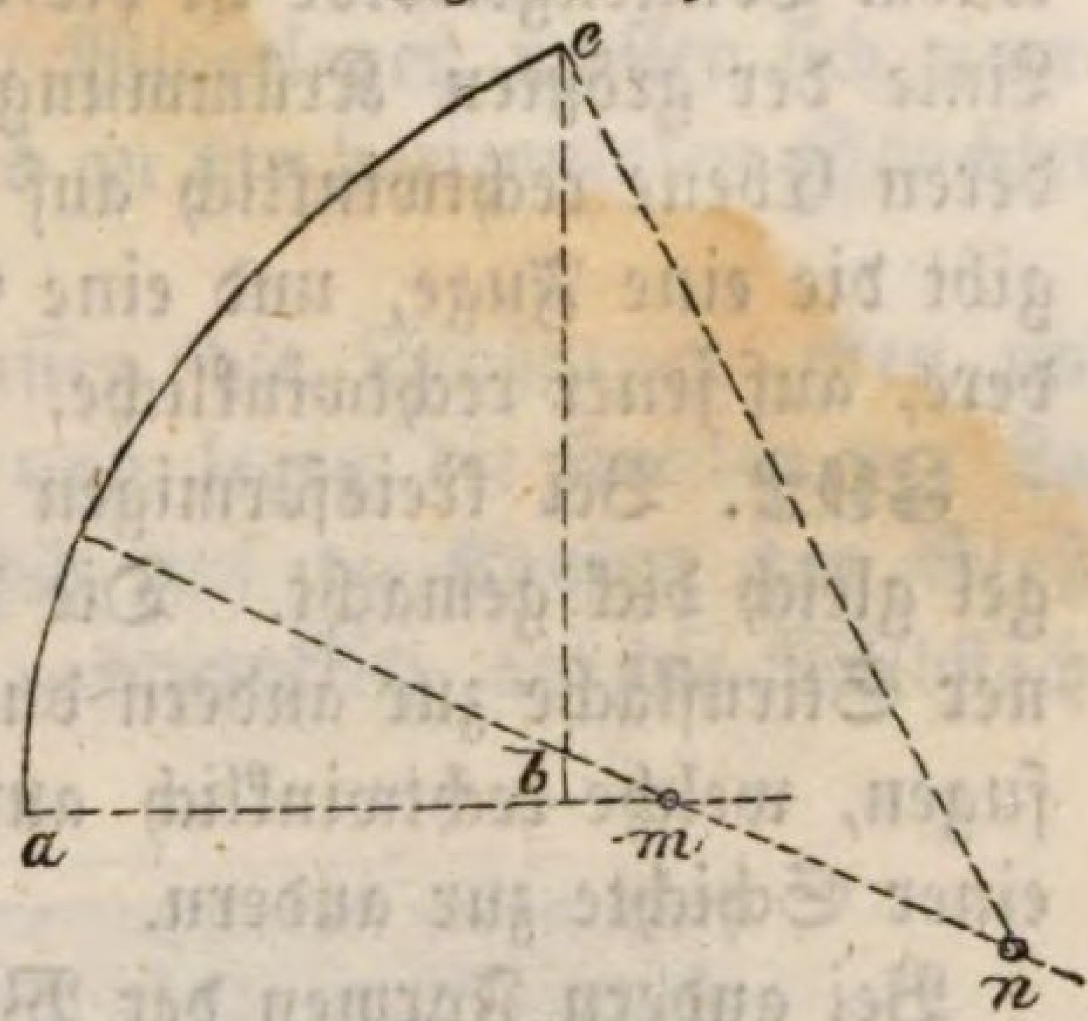
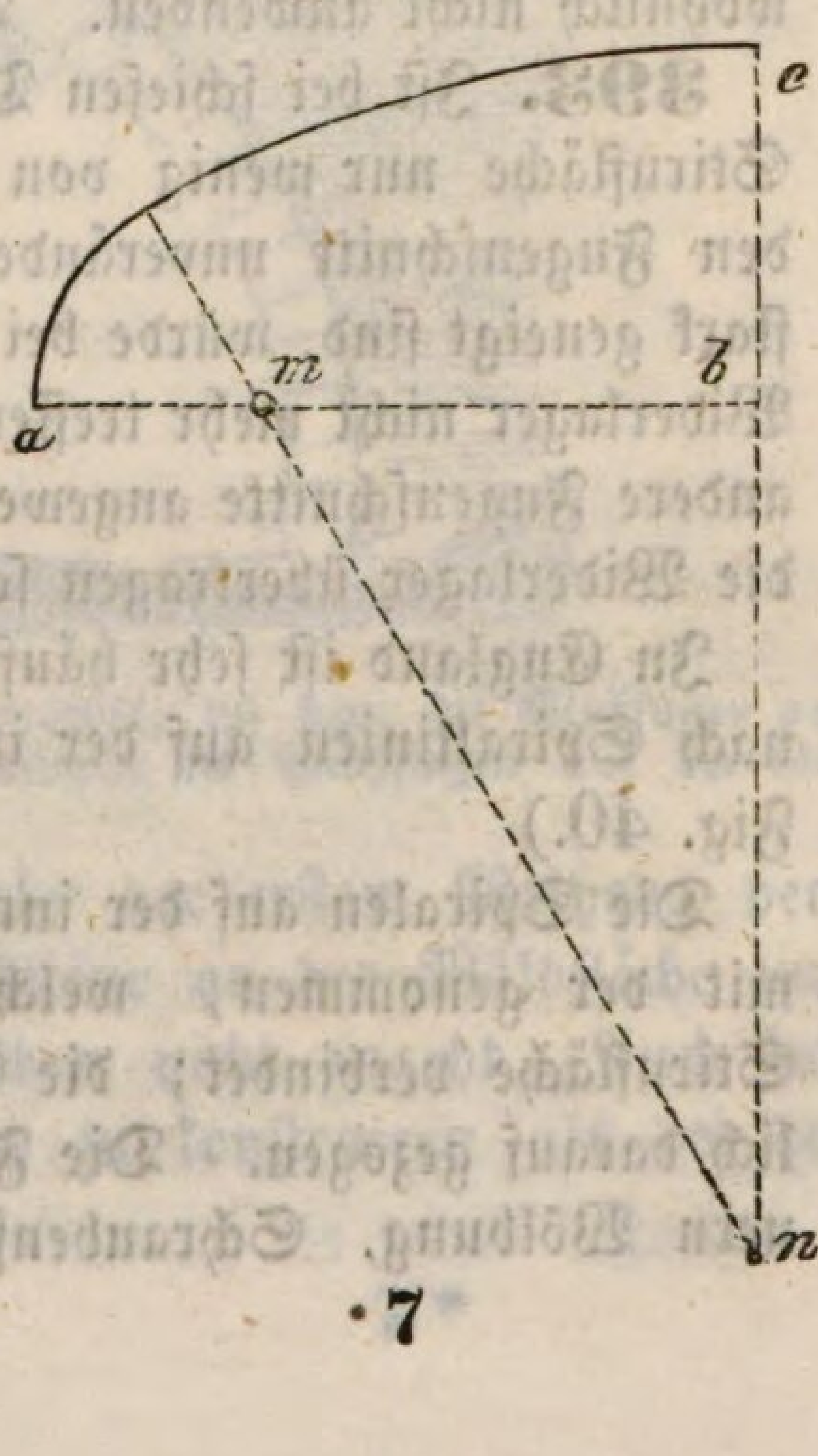


Fig. 39. ***)



*) Fig. 37 zeigt eine Korblinie mit 3 Mittelpunkten, die Bögen messen 60 Grad.
BD Spannweite.
AC Pfeilhöhe.
P, O R Mittelpunkte der Bogen.

**) Fig. 38 zeigt die Hälfte eines Spitzbogens mit 4 Mittelpunkten.
ab halbe Spannweite.
bc Wölbungshöhe.
m und **n** die Mittelpunkte des halben Bogens.

***) Fig. 39 zeigt die Hälfte eines stumpfen Bogens mit 4 Mittelpunkten.
ab halbe Spannweite.
bc Wölbungshöhe.
m und **n** Mittelpunkte der halben Curve.

Schief heißt das Tonnengewölbe, wenn die Stirnflächen, das sind die beiden Ebenen durch welche die Cylinderfläche abgeschnitten ist, nicht rechtwinklich auf der Achse dieser Fläche stehen.

390. Die Wahl einer dieser Formen hängt von dem Zwecke, den der Bogen erfüllen soll, der Oertlichkeit, und dem architectonischen Style ab, in welchem man baut. Ist die Wölbungshöhe kleiner als die halbe Spannweite, so ist der Bogen schwächer als der Halbkreis oder ein Bogen dessen Pfeilhöhe größer ist als die halbe Spannweite.

Die Methode, die verschiedenen Curven zu beschreiben, welche man als Wölbungslinie gebraucht, lehrt die Geometrie. Für die Korblinien findet man Vorschriften in dem „Vademecum für den praktischen Ingenieur, Stuttgart bei J. B. Müller 1849."

391. Bei der Anordnung der Fugen und des Verbandes der Gewölbsteine befolgt man dieselben Grundsätze, welche für das Mauerwerk aus gehauenen Steinen überhaupt gelten. Die Fugenschnitte sollen rechtwinklich auf die innere Wölbfläche, und die sich durchkreuzenden rechtwinklich unter sich seyn. Bei irgend einer Form der Wölbungsfläche bestimmt man die Linien der größten und der kleinsten Krümmungen und schneidet nach diesen rechtwinklich auf die Wölbungsfläche das Gewölbe in einzelne Gewölbsteine. Bei einem Tonnengewölbe ist die Linie der kleinsten Krümmung die gerade, die Linie der größten Krümmung der Hauptschnitt der Wölbfläche, eine Linie, deren Ebene rechtwinklich auf der Achse des Cylinders steht. Diese Ebene gibt die eine Fuge, und eine Ebene durch die Seite des Cylinders die andere, auf jener rechtwinkliche.

392. Bei kreisförmigen Gewölben werden die Gewölbsteine in der Regel gleich dick gemacht. Die Fugen parallel mit der Achse läßt man von einer Stirnfläche zur andern durchgehen; sie sind die Lagerfugen. Die Stoßfugen, welche rechtwinklich auf der Achse stehen, läßt man abwechseln von einer Schichte zur andern.

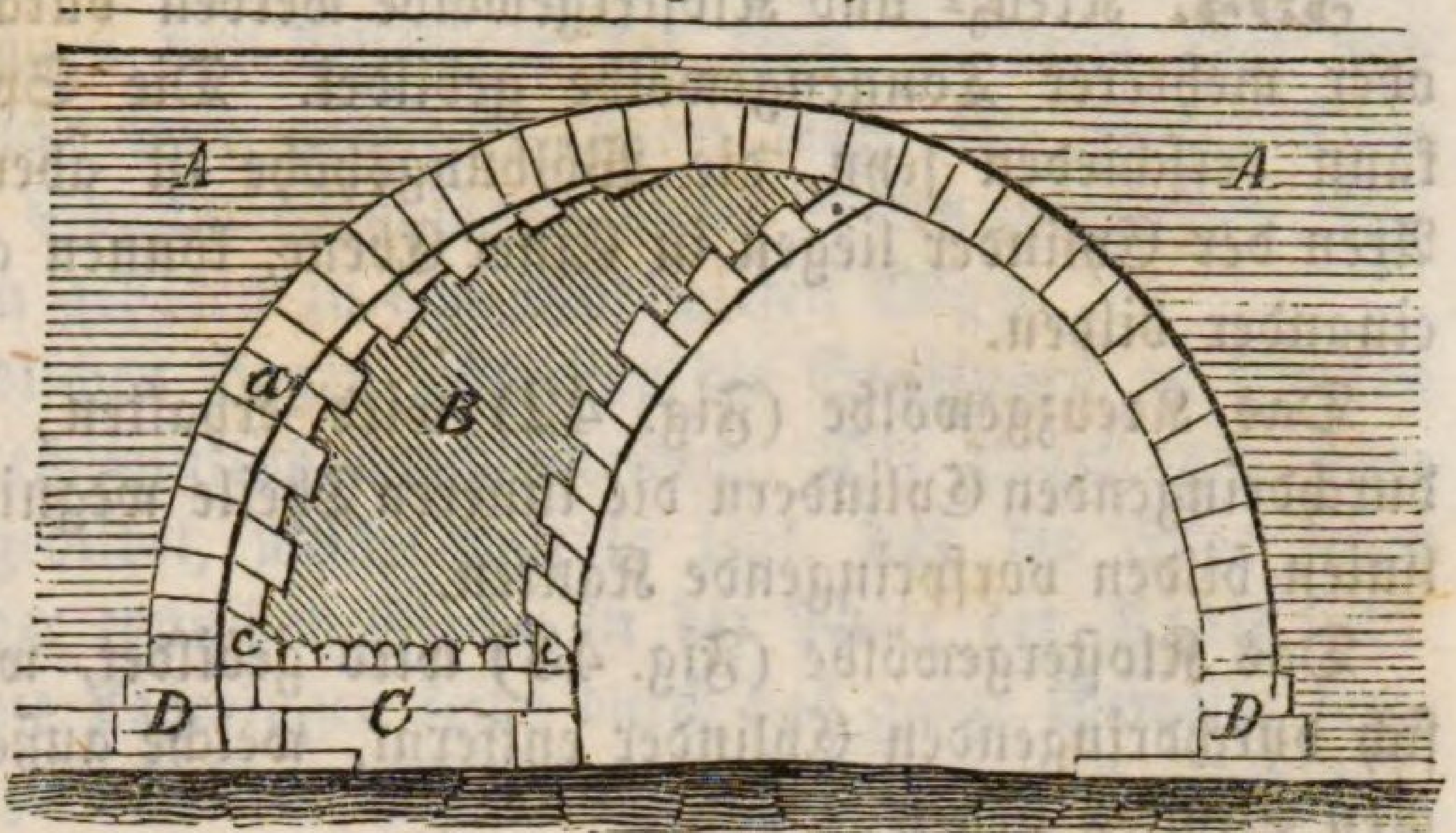
Bei andern Formen der Wölblinie lassen sich gleich dicke Gewölbsteine gewöhnlich nicht anwenden. Die Anordnung bleibt aber außer diesem dieselbe.

393. Ist bei schiefen Tonnengewölben die Neigung der Achse gegen die Stirnfläche nur wenig von einem rechten Winkel verschieden, so läßt man den Fugenschnitt unverändert; wo aber die Stirnflächen gegen die Achse stark geneigt sind, würde bei dieser Construction der Druck des Gewölbes die Widerlager nicht mehr treffen. Um diesem Uebelstande zu entgehen, hat man andere Fugenschnitte angewendet, welche den ganzen Druck des Gewölbes auf die Widerlager übertragen sollen.

In England ist sehr häufig die Methode befolgt worden, die Lagerfugen nach Spirallinien auf der innern Wölbung zu formen. (Siehe nebenstehend Fig. 40.)

Die Spiralen auf der innern Wölbung für die Stoßfugen werden parallel mit der genommen, welche die äußersten Punkte der Wölblinie an der Stirnfläche verbindet; die Spiralen für die Lagerfugen werden rechtwinklich darauf gezogen. Die Flächen der Fugen sind rechtwinklich auf der innern Wölbung, Schraubenflächen. Diese Methode verbessert nur bis zu

Fig. 40. *)



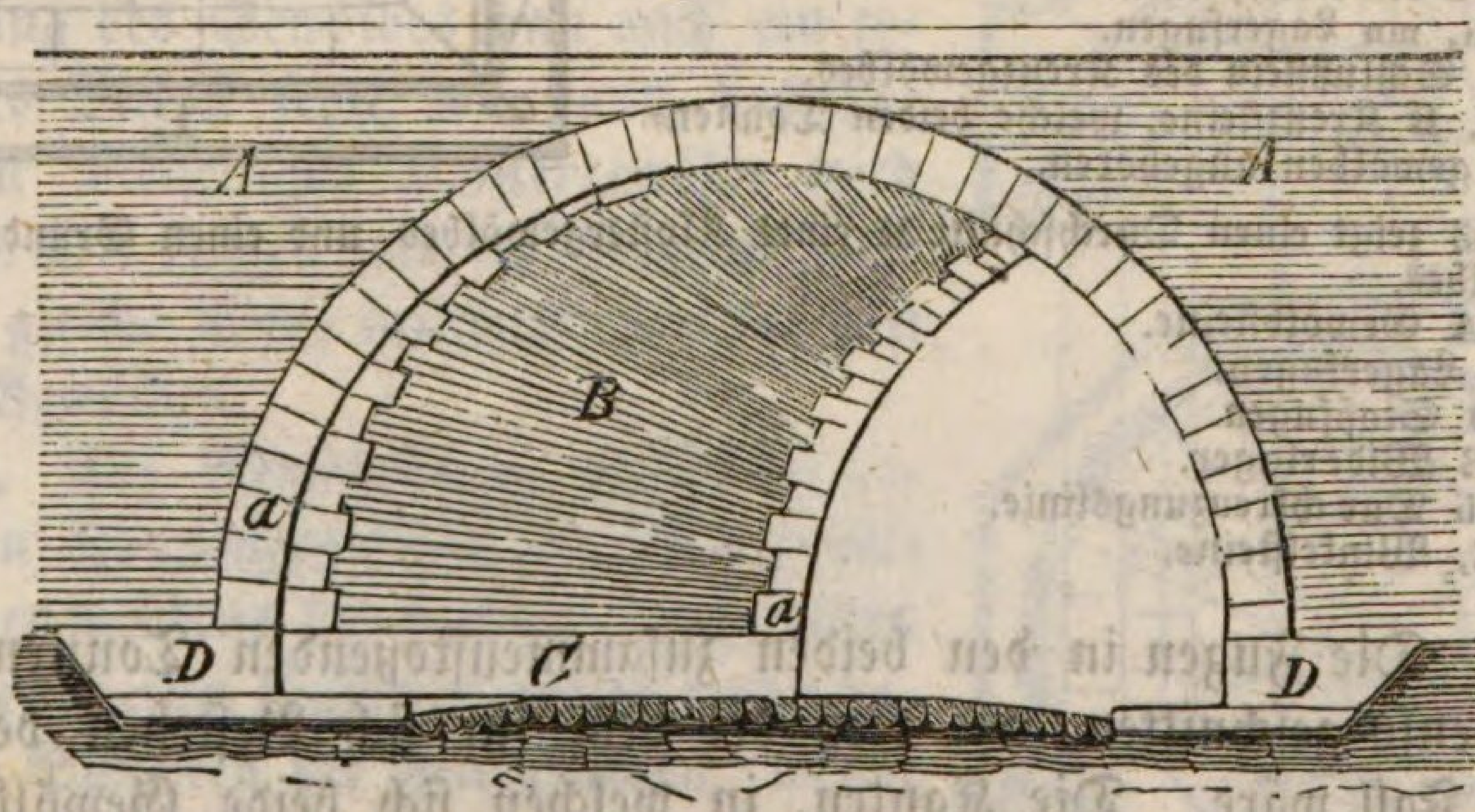
einem gewissen Grade die Schwäche des Verbandes zunächst der Stirnflächen, und gibt dabei den Lagerfugen bei den Enden der Widerlager, wo diese einen spitzen Winkel bilden, ein starkes Einfallen, also einen schwachen Punkt. Es gibt aber diese Methode den wichtigen

*) Fig. 40. stellt einen Aufriß der Stirnfläche A und eines Theils der innern Wölbung B eines schiefen Tonnengewölbes mit Spiralfugen dar.
a Gehauene Gewölbsteine.
c, c Anfänger des Gewölbes, die so gehauen sind, daß sie die Schichten aus Backsteinen aufnehmen.
C und D die beiden Seiten der Widerlager.

Vortheil, daß man die Enden der einzelnen Schichten an der innern Wölbung alle gleich dick nehmen kann, was sie für Backsteine ebenso geschickt wie für gehauene Steine macht. Um die Lagerfugen mit den Eintheilungen auf den Stirnflächen genau zusammenfallen zu machen, kann es manchmal nothwendig werden, die Spiralen der Lagerfugen etwas zu verschieben. Die Anfänger des Gewölbes oder die Kämpfer der Widerlager müssen sich einerseits an die Fugen des Gewölbes, andererseits an die horizontalen Schichten der Widerlager anschließen.

394. Die französischen Ingenieure lassen die Stoßfugen eben und parallel mit den Stirnflächen des Gewölbes, und legen die Kanten der Lagerfugen und der innern Wölbung rechtwinklich auf die Kanten der Stoßfugen (Fig. 41). Die Lagerfugen werden rechtwinklich auf die Wölbfläche

Fig. 41. **)



**) Fig. 41 zeigt einen Aufriß eines schiefen Tonnengewölbes, bei dem die Stoßfugen parallel mit der Stirne des Gewölbes und die Lagerfugen die Stoßfugen auf der Gewölbfläche in rechten Winkeln durchschneiden.

gestellt. Bei dieser Methode sind mehrere Fehler der ersten Methode vermieden, aber sie hat den Nachtheil, daß die Steine an der Wölbfläche ungleiche Dicke erhalten, was bei Backsteingewölben nicht angeht. Auch sind die krummen Linien der Lagerfugen schwieriger zu konstruiren als bei der ersten Methode.

395. Kreuz- und Klostergewölbe werden durch den Durchschnitt zweier oder mehrerer Tonnengewölbe gebildet. Die Spannweite dieser Gewölbe kann verschieden seyn, die Wölbungshöhe ist aber gleich bei allen. Die Axen der Cylinder liegen in Einer Ebene, können aber beliebige Winkel miteinander bilden.

Das Kreuzgewölbe (Fig. 42) wird erhalten, wenn man von den sich durchdringenden Cylindern die inneren Theile wegnimmt. Die Durchschnittslinien bilden vorspringende Kanten.

Das Klostergewölbe (Fig. 43) wird gebildet, wenn man die Theile der sich durchdringenden Cylinder entfernt, welche außerhalb des gemeinschaftlichen Stückes liegen.

Fig. 42. *)

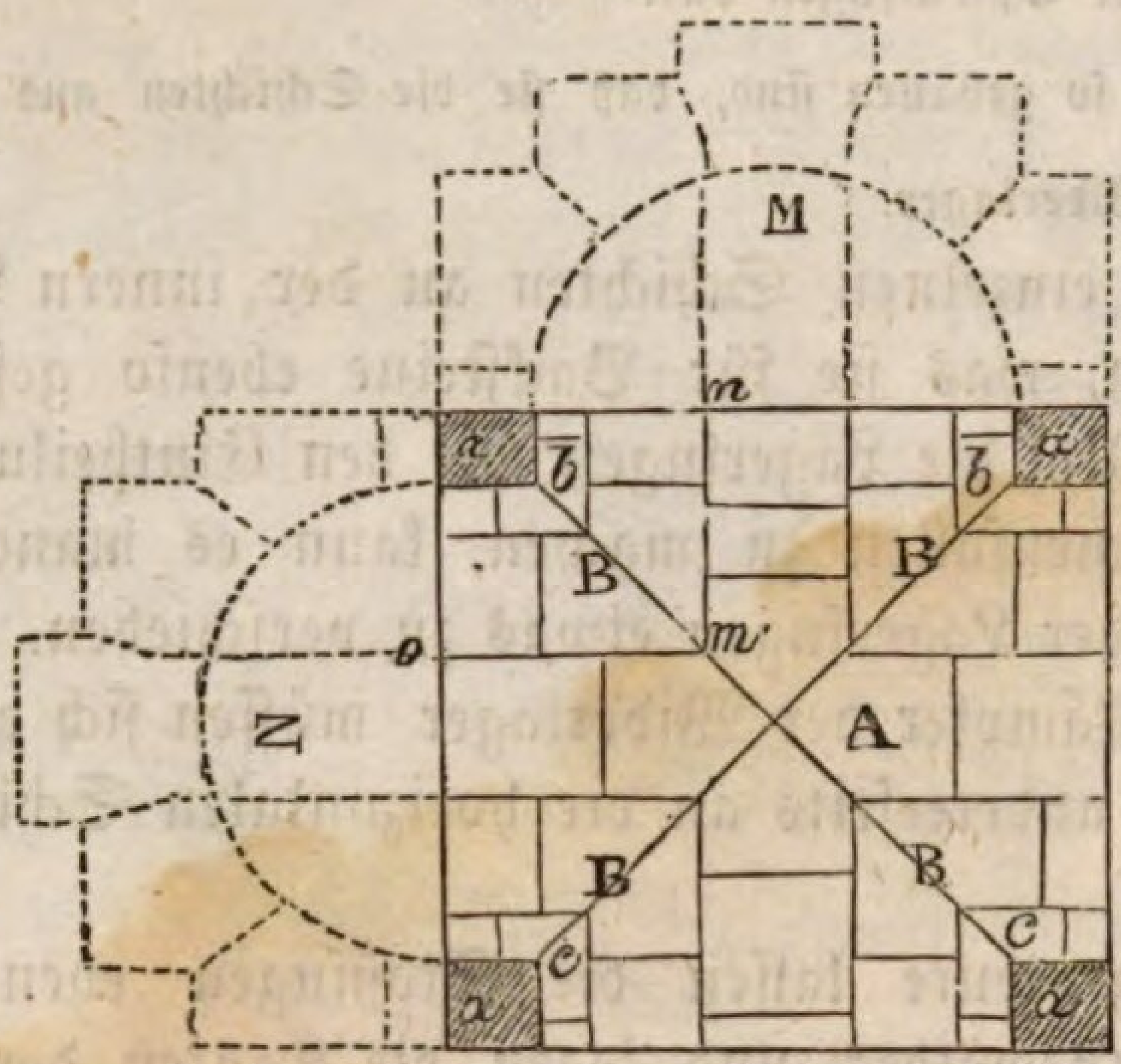
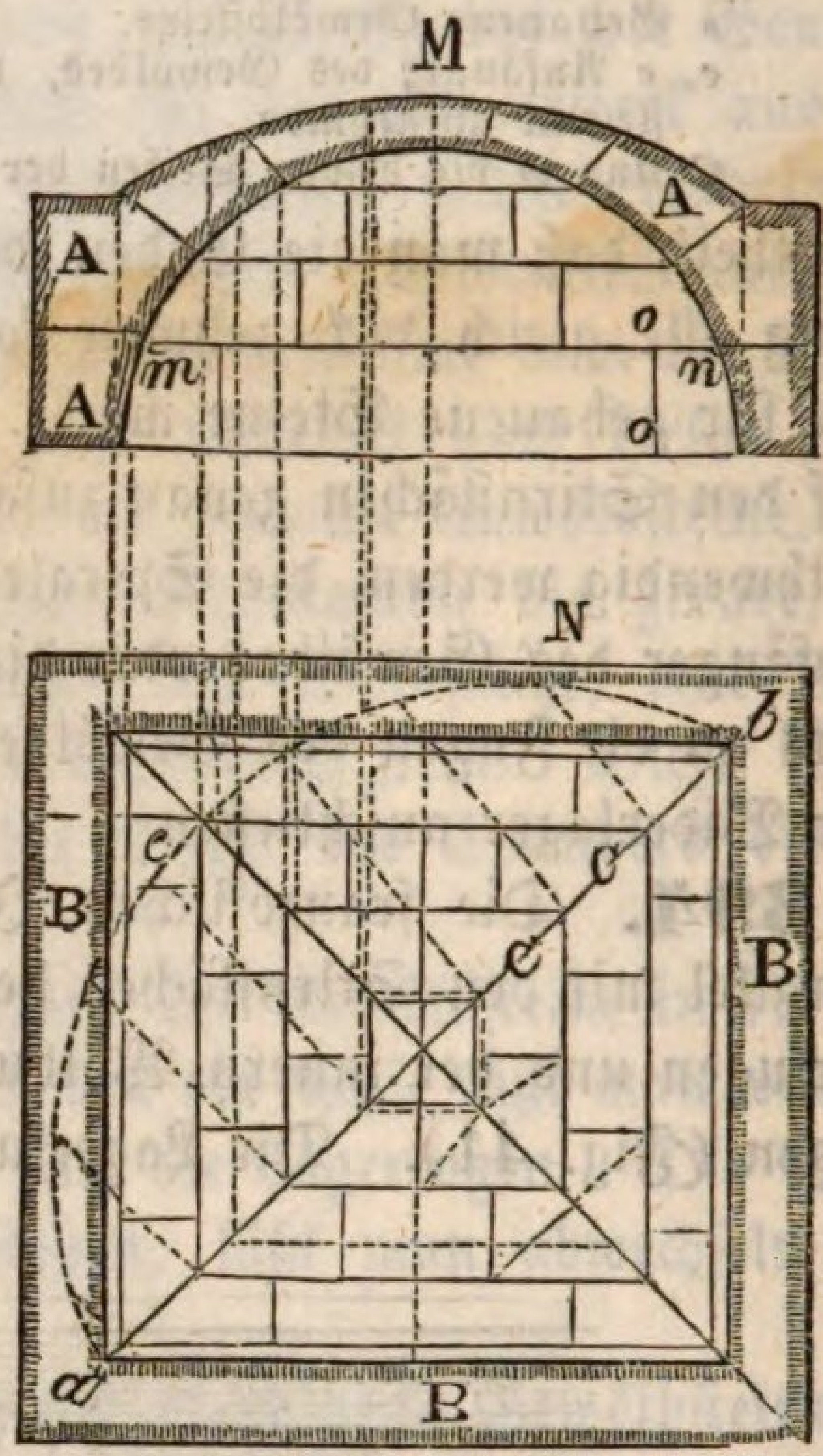


Fig. 43. **)



*) Fig. 42. Grundriß und rechtwinkliche Aufrisse **M** und **N** eines Kreuzgewölbes und der dasselbe bildenden Cylinder.
a a Pfeiler des Gewölbes.
b c die Kreuzlinien.
om, mn Lagerfugen.
A Schlußstein des Kreuzgewölbes.
B, B Kreuzsteine, welche beiden Tonnengewölben angehören.

) Fig. 43 zeigt einen Durchschnitt **M eines Klostergewölbes und einen Grundriß **A** dieses Gewölbes.
A, A Gewölbsteine.
m n Lagerfugen.
O O Stoßfugen.
B, B Widerlager.
a c b Durchkreuzungslinie.
C C, Winkelsteine.

396. Die Fugen in den beiden zusammenstoßenden Tonnengewölben werden ebenso geschnitten, wie dieß bei dem für sich Bestehen beider Gewölbe der Fall wäre. Die Kanten, in welchen sich beide Gewölbe treffen, bringt man auf Steine, welche in beide Gewölbe zugleich eingreifen, um so einen bessern Verband derselben zu erhalten.

397. Conische Bögen werden selten angewendet. Die Steine werden nach denselben Grundsätzen geschnitten; die einen Fugen eben nach den Seiten des Kegels und rechtwinklich auf die Wölbfläche; die anderen conisch, ebenfalls rechtwinklich auf die Wölbfläche.

398. Sind die Spannweiten an beiden Enden eines Bogens ungleich,

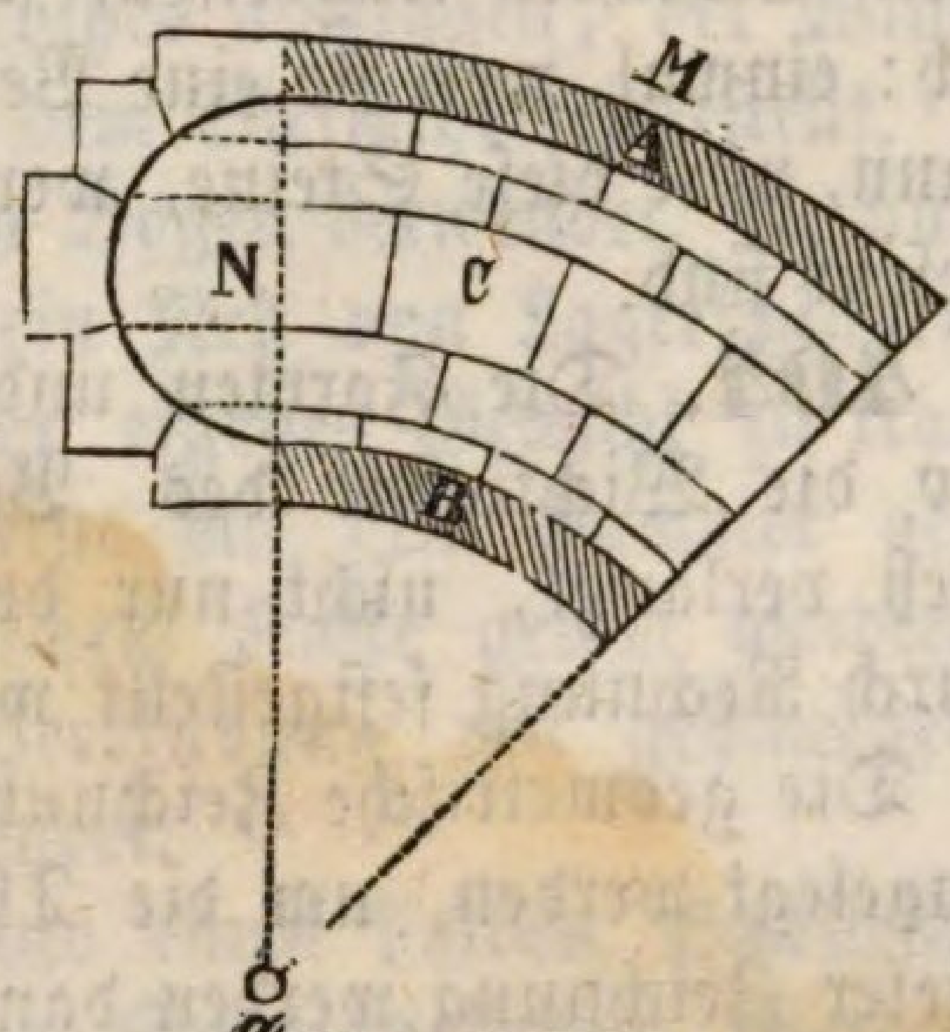
aber die Wölbungshöhe dieselbe, so wird die Wölbfläche eine conoidische. Die beiden Endcurven können von beliebiger Art seyn, meistens aber sind sie Ellipsen; die Wölbfläche wird gebildet, indem man eine gerade Linie parallel zu der Ebene der Spannweiten längs dieser Linien fortgleiten läßt.

Die conoidischen Bögen gehören zu den windschiefen Bögen.

399. Bei den conoidischen Bogen läßt man die Stoßfugen in Ebenen liegen, welche die Achse rechtwinklich durchschneiden. Die Lagerfugen werden ebenso nach Ebenen gebildet, welche man so legt, daß die Fuge jedes Steins rechtwinklich auf der conischen Fläche in der Mitte der Kante steht. Dabei bilden dann aber die Lagerfugen keine durch das ganze Gewölbe fortgehende Fläche; um das zu erhalten, müßte man die Fugen nach windschiefen Flächen formen, welche bei ihrer Ausführung mehr Schwierigkeit darbieten, und keine entsprechenden Vortheile gegen die oben erwähnte Methode gewähren.

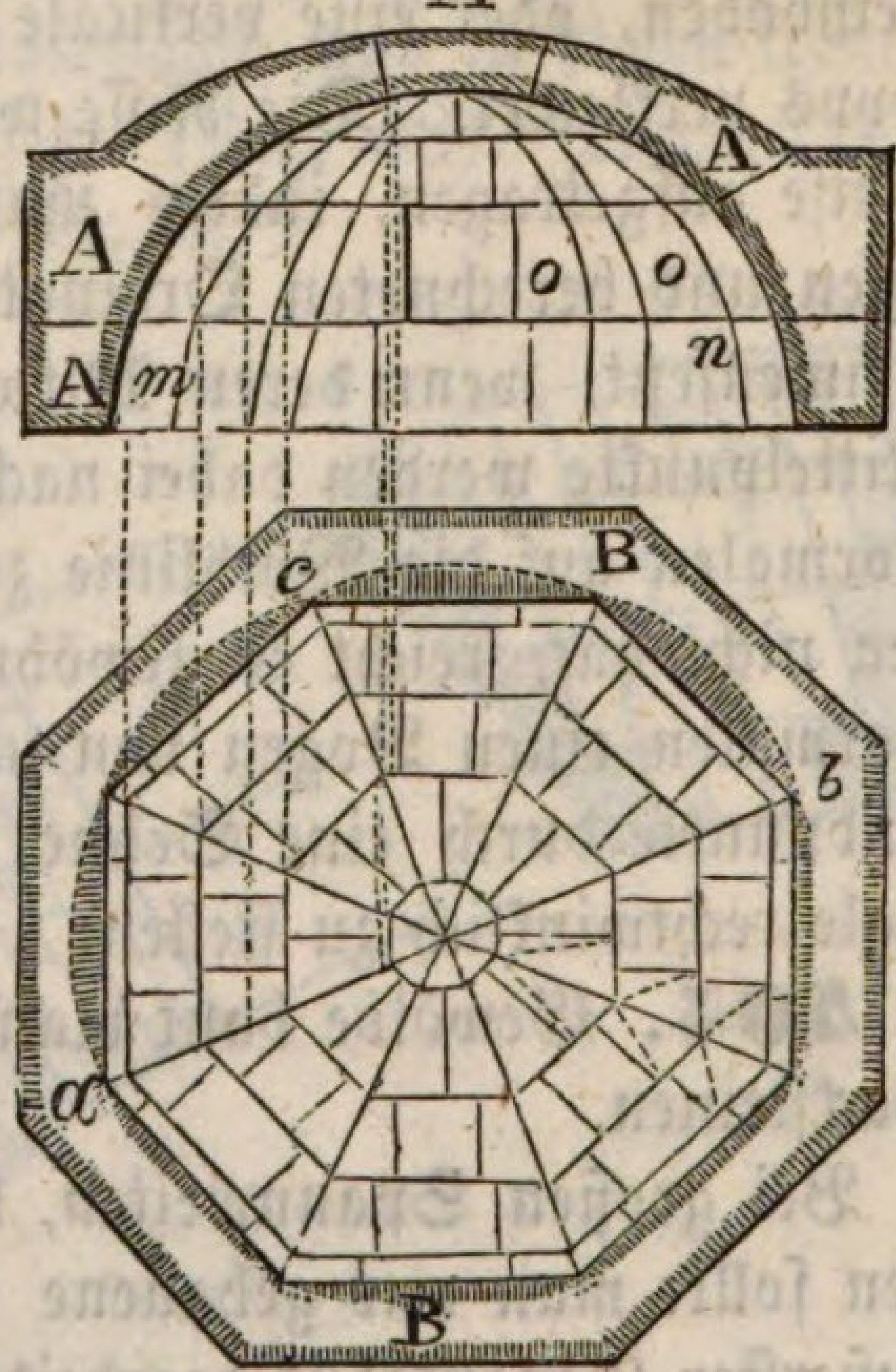
400. Eine ringförmige Wölbung entsteht, wenn man eine Wölbungslinie um eine außerhalb derselben zum Pfeile des Bogens parallele Achse dreht (Fig. 44). Eine Reihe Fugen sind conische Flächen, deren Spitzen in dieser Achse (a) liegen; die Stoßfugen sind Ebenen, welche durch diese Achse gehen.

Fig. 44. *)



401. Die Wölbfläche einer Kuppel ist gewöhnlich durch die Drehung eines Quadranten einer der gewöhnlichen Wölblinien um den Pfeil derselben erzeugt; oder aber durch die Drehung der halben Curve um die Spannweite. Im ersten Falle ist die Anfangslinie der Kuppel ein Kreis, im zweiten die erzeugende Linie selbst. Der Anfang des Gewölbes kann auch ein regelmäßiges Vieleck seyn, wo dann das Gewölbe ein vielseitiges Klostergewölbe wird (Fig. 45). Die Fugen und der Verband werden auf gleiche Weise bestimmt wie bei den anderen Gewölben.

Fig. 45. **)

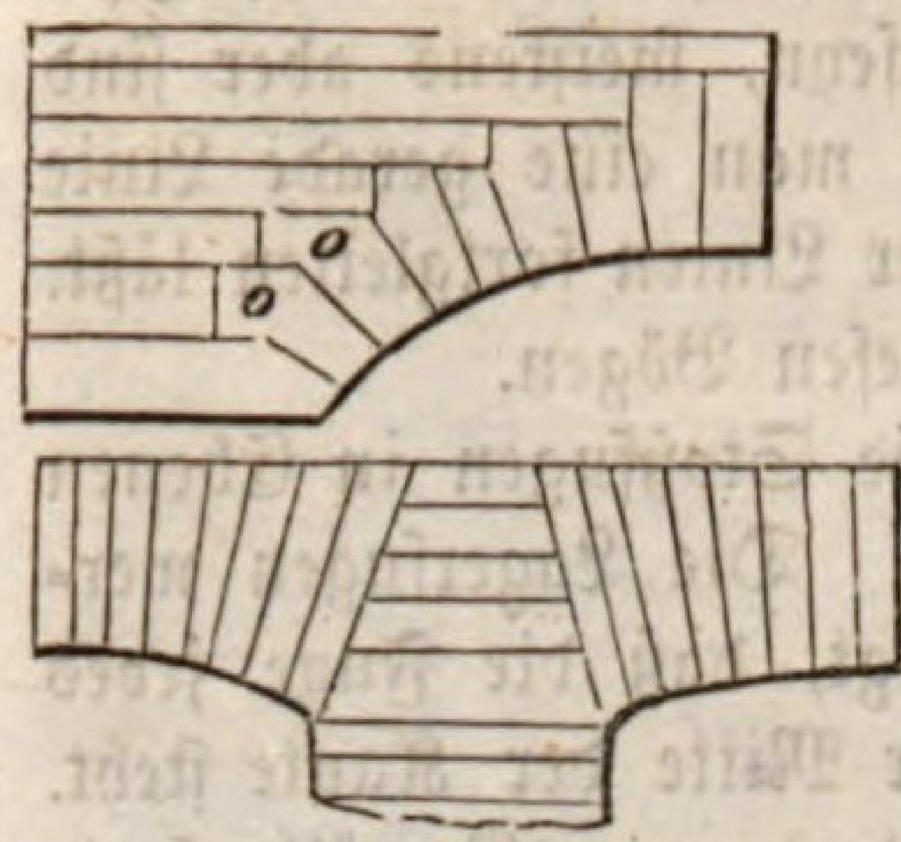


402. Die Gewölbsteine, welche bei gewöhnlichen Tonnengewölben die Stirnen bilden, werden meistens durch ebene Flächen oben und an den Seiten begrenzt, um sie an die horizontalen Schichten der Stirnflächen, welche auf jeder Seite hinter dem Bogen liegen (Fig. 46 und 47 s. umstehende Fig.) anzuschließen. Dieses Anschließen kann in mancherlei Art geschehen. Die zwei Punkte, welche man im Auge behalten muß, sind ein

*) Fig. 44. M ist ein Grundriß und N ein Aufriß eines ringförmigen Gewölbes. a ist die verticale Achse um welche der Bogen N gedreht ist.

**) Fig. 45 stellt den Verticaldurchschnitt und den Grundriß einer 8eckigen Klosterkuppel vor.

Fig. 46. u. 47.*)



guter Verband der Wölbsteine und der horizontalen Schichten, und dann ein gefälliges Ansehen, wohin namentlich die Symmetrie auf beiden Seiten des Bogens gehört. Die Länge, welche man des Verbandes wegen den Anfangsteinen des Gewölbes geben muß, verursachen oft bei gedrückten Bögen eine geringere Dicke dieser Steine.

403. Bei kleinen Bogen schneidet man die Steine nahe am Anfange des Gewölbes oft so,

*) Fig. 46 zeigt eine Art, die Gewölbsteine mit den horizontalen Schichten bei einem elliptischen Bogen zu verbinden.
o, o sind Beispiele von Steinen mit gebrochenen Lagerfugen, Haken.
**) Fig. 47 zeigt eine Methode, wie bei flachen Kreissegmenten die Gewölbsteine an die horizontalen Schichten angeschlossen werden.

daß sie durch ein Knie (einen Haken, elbow joint) zugleich in die horizontalen Schichten eingreifen, wie in Fig. 46. Diese Anordnung ist verwerflich: einmal, weil sie eine Verschwendung von Material mit sich bringt, und dann, weil diese Steine, wenn das Gewölbe sich setzt, dem Zerbrechen ausgesetzt sind.

404. Die Formen und Dimensionen der Gewölbsteine sollten dort, wo die Wichtigkeit des Bogens oder eine besonders verwickelte Form dieß verlangt, nicht nur durch geometrische Constructionen, sondern auch durch Rechnung festgestellt werden.

Die geometrische Zeichnung muß in einem hinreichend großen Maaßstabe angelegt werden, um die Theile mit Genauigkeit zu bestimmen, und nach dieser Zeichnung werden dann die Lehren für den Steinhauer in natürlicher Größe gezeichnet. Um diese Lehren zu construiren, wird zuerst ein fester Reißboden, oder eine verticale Wand mit dünnem Mörtel und darüber mit Gyps verkleidet. Die Risse werden auf diese Oberfläche in der gewöhnlichen Weise aufgetragen, indem man die Wölblinie entweder mit Hilfe der Abscissen und berechneten Ordinaten aufträgt, oder dieselbe aus Kreisbögen zusammensetzt, wenn deren Mittelpunkte noch auf den Reißboden fallen. Diese Mittelpunkte werden dabei nach ihrer berechneten Lage aufgetragen. Um die Normalen auf die Wölblinie zu ziehen, wenn man die Mittelpunkte der Bogen nicht hat, reicht es gewöhnlich hin, auf jeder Seite des Fußpunktes der Normalen einen Bogen von ungefähr 1 Fuß Länge zu nehmen, die äußersten Endpunkte durch eine Sehne zu verbinden, und auf diese Sehne die Normale rechtwinklich zu stellen.

405. Gewölbe baut man aus gehauenen Steinen, aus Bruch- und aus Backsteinen.

Bei großen Spannweiten, besonders bei elliptischen und gedruckten Bogen sollte man nur gehauene Steine anwenden, und dabei die Fugen mit äußerster Genauigkeit bearbeiten. Da die Gewölbsteine bis zur Vollendung des Bogens durch ein Gerüste von Holz, das Lehrgerüst, getragen werden, und dieses bei der allmählich erfolgenden Belastung mit den Gewölbsteinen sich setzt, weil das Material elastisch ist und die Fugen nachgeben, so nimmt man hierauf zuweilen Rücksicht, indem man die Steine falsch

schneidet, d. h. nicht rechtwinklich auf den Bogen des Lehrgerüstes, sondern rechtwinklich auf die Wölblinie, welche man durch das Setzen des Lehrgerüstes erhält. Man bezweckt so einen vollkommenen Verband des fertigen Bogens, um einem Zerbrechen der Steine durch ungleichen Druck vorzubeugen. Diese Aufgabe hat sehr viele Schwierigkeiten, welche kaum sicher zu überwinden sind, und es ist deßhalb besser die Fugen wahr zu schneiden, und gegen das Setzen und seine Wirkungen den Bogen durch sehr starke Lehrgerüste zu schützen und in die Fugen zwischen die Gewölbsteine, welche an der Bewegung des Bogens besonders Theil nehmen, Bleiplatten zu legen, welche sich den Fugen anlegen und jedem Drucke nachgeben.

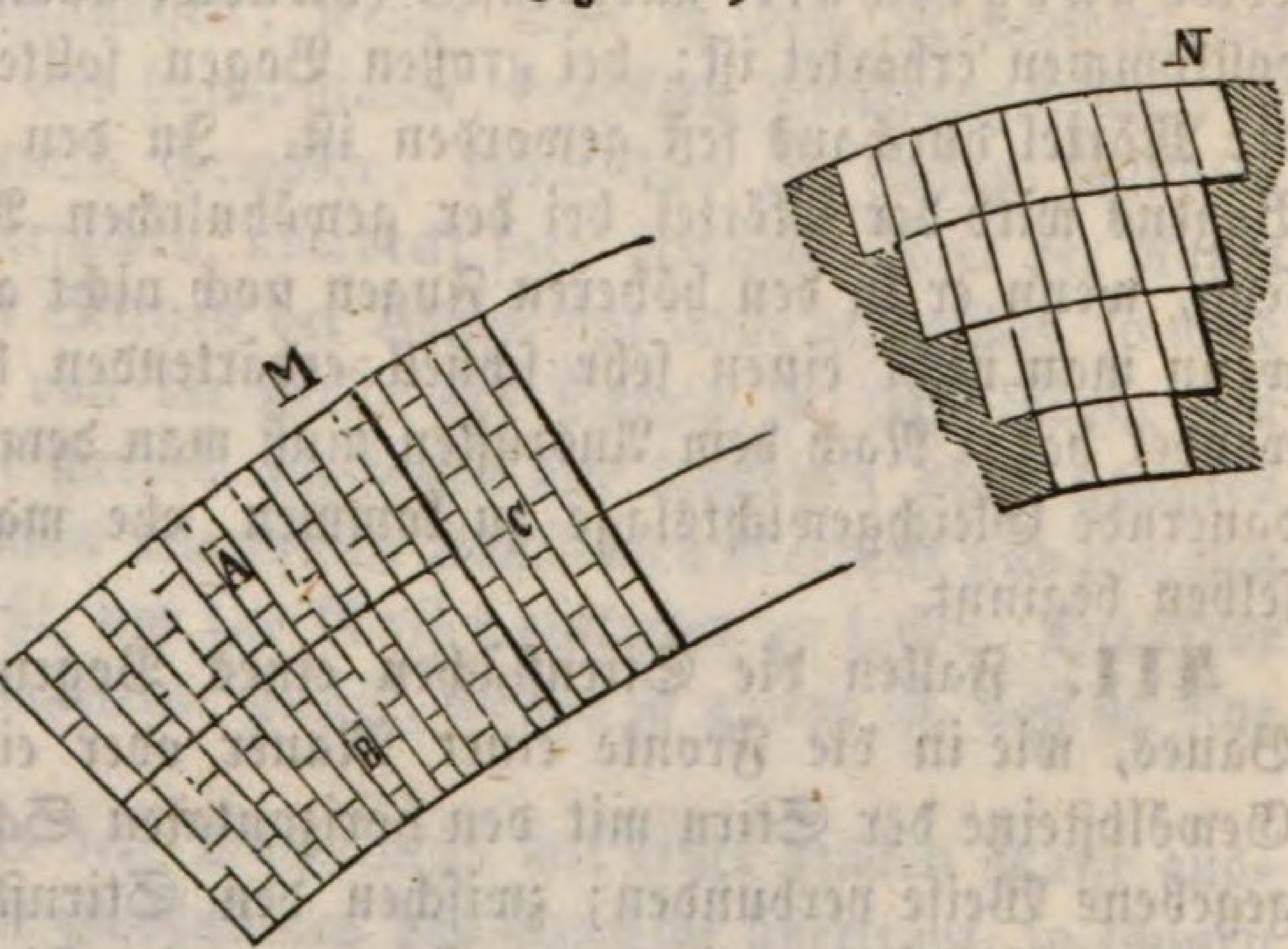
406. Das Versetzen der Gewölbsteine erfordert viele Sorgfalt, besonders bei denen welche die Stirnflächen bilden. Die Lagen der inneren Kanten der Gewölbsteine werden nach fixen Linien, die auf den Widerlagern gezogen werden, oder nach andern unbeweglichen Punkten, und den berechneten Entfernungen der Kanten von dieser bestimmt. Diese Distanzen kann man leicht mit Hilfe der Setzwaage und des Bleilothes auftragen; der Winkel jeder Fuge wird mit einem Quadranten und dem Bleilothe festgestellt.

407. Bruchsteine werden nur zu sehr kleinen Bogen verwendet, die nur wenig zu tragen haben, oder als Füllung in ein Netz von Lagerschichten und Bogenschichten bei weiten Bogen, die nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben. In jedem Falle müssen die Bruchsteine mit dem Hammer gerichtet, und in ein Lager von gutem hydraulischem Kalke gelegt werden.

408. Backsteine werden allein oder in Verbindung mit gehauenen Steinen zu Bögen von bedeutender Größe verwendet.

Ueberschreitet die Dicke eines Bogens ein und einen halben Backstein, so bietet der Verband von innen nach außen einige Schwierigkeiten. Werden die Backsteine in concentrische Lagen, oder Schalen gelegt, so bilden sich durchgehende Fugen parallel mit der innern Wölbfläche, und in diesen trennt sich wahrscheinlich der Bogen, wenn er sich setzt (Fig. 48). Werden die Backsteine wie die gewöhnlichen Lagerschichten gelegt, so daß sie durchgehende Fugen von der innern Wölbung zur äußern bilden, so werden diese Fugen wegen der Form der Backsteine an der äußern Wölbung auseinander stehen, und so das Gewölbe wenig Festigkeit darbieten.

Fig. 48. *)



Um beiden Uebelständen möglichst zu begegnen,

*) Fig. 48 zeigt die äußere Ansicht **M** eines Bogens, welcher aus Backsteinen in Schalen **A** u. **B** und Blöcken **C** gebaut ist.
N zeigt die Art wie die Backsteine angeordnet werden, welche den Schluß des Bogens bilden.

verbindet man beide Construktionen, indem man stückweise in Schalen baut, und diese durch Gewölbstücke nach der zweiten Construction unterbricht. Den Schluß des Gewölbes legt man mit durchgehenden Lagerfugen an, und läßt den so gebildeten Keil für jede Schichte aufwärts um zwei Backsteine dicker werden. Diese Backsteine werden in hydraulischem Mörtel gelegt und mit Stückchen von hartem Schiefer in den Fugen wohl verkeilt.

409. Wendet man Backsteine und Hausteine zusammen an, so werden die Bogen an den Stirnflächen, einige zwischen diesen liegende Bogen, die Schichten der Schlußsteine und der Anfänger und einige mittleren Längsschichten von gehauenen Steinen genommen und die Zwischenräume mit Backsteinen ausgefüllt.

Fig. 49.*)



*) Fig. 49 zeigt den Querschnitt eines Segment-Bogens, der mit Backsteinen und Beton bedeckt ist.
A Gewölbsteine.
B u. D Backstein und Betonbedeckung.
C Widerlager.
E Kämpfer.

410. Die Lehrgerüste bei kleinen Bogen werden erst entfernt, das Gewölbe ausgeschalt, ausgerüstet (struck; decintrée), wenn der Mörtel vollkommen erhärtet ist; bei großen Bogen sollte dieß erst geschehen, wenn der Mörtel durchaus fest geworden ist. In den Fugen beim Anfange des Bogens wird der Mörtel bei der gewöhnlichen Art des Bauens schon hart seyn, wenn er in den höheren Fugen noch nicht angefangen hat zu erhärten, wenn man nicht einen sehr schnell erhärtenden hydraulischen Mörtel angewendet hat. Nach dem Ausrüsten muß man dem Bogen Zeit lassen in eine dauernde Gleichgewichtslage zu kommen, ehe man den Oberbau auf demselben beginnt.

411. Fallen die Stirnflächen eines Bogens in die Aussenseite eines Baues, wie in die Fronte einer Mauer oder einer Brücke, so werden die Gewölbsteine der Stirn mit den horizontalen Schichten auf die bereits angegebene Weise verbunden; zwischen den Stirnflächen läßt man die Köpfe der Gewölbsteine rauh, um sich an die Hintermauerung anzuschließen (Fig. 49). Ehe man diese Hintermauerung beginnt, untersucht man die Fugen genau, und gießt die Fugen, welche sich durch Setzen geöffnet haben, mit weichem Mörtel aus, in welchen man harte Schiefer eintreibt. Diese

Hintermauerung kann von Bruchsteinen, Backsteinen oder Beton gemacht werden. Wo die Bogen dem Einsickern von Regenwasser ausgesetzt sind, wie z. B. bei Brücken und den Kasematten der Festungswerke, da soll die Uebermauer von Beton hergestellt werden, den man schichtenweise aufträgt, und so einstoßt, daß man eine homogene Masse erhält.

412. Die Schwierigkeit, wasserdichte Bedeckungen von Mauerwerk zu erhalten, hat in den letzten Jahren den Versuch einer Ueberdeckung der Betonschichte mit Asphalt veranlaßt. Die Betonschichte läßt man zuerst vollkommen trocken werden, dann wird Asphalt gewöhnlich in zwei Lagen aufgetragen. Ehe man aber hierzu schreitet, muß die Betonfläche ganz rein von Staub seyn und einen Anstrich von Mineraltheer erhalten, welchen man heiß mit einer Bürste aufträgt. Diese Anwendung von heißem Mineraltheer soll die Bildung von Luftblasen in der Asphaltdecke verhindern, durch welche später Wasser zu dem Beton gelangen könnte. Die erste Schichte Asphalt wird in quadratischen Tafeln oder dünnen Steinen aufgelegt, welche man durch in die Fugen gegossenen heißen Asphalt sorgfältig zu einem Ganzen vereinigt. Diese erste Schichte wird dann durch Streichen mit einem gewöhnlichen hölzernen Richtscheite bis zum Erhärten eben gemacht. Bei der zweiten Schichte behält man dasselbe Verfahren bei, und legt die Stücke so, daß die Fugen mit denen der untern Schichte wechseln. Endlich wird feiner Sand über diese Schichte gestreut und vor dem Erhärten des Asphaltes in diese eingedrückt.

Solche Bedeckungen mit Asphalt sind in Europa und Amerika vielfältig mit entschiedenem Erfolge angewendet worden; das Mißlingen in einzelnen Fällen rührt wohl entweder von schlechtem Material oder von einem fehlerhaften Verfahren her.

413. Bei einer Reihe von Bogen, wie bei Brücken oder Kasematten, wird jeder einzelne Bogen durch zwei geneigte Ebenen, ähnlich einem Dache, überdeckt. Dadurch entstehen Rinnen, in welchen sich das Wasser sammelt, und aus welchen dieses abgeleitet wird. Dieß geschieht entweder in eisernen Röhren oder durch verticale Oeffnungen, welche man in dem Mauerwerk der Pfeiler anbringt, und welche mit horizontalen, bedeckten Ableitungsrinnen in Verbindung stehen. Ein kleines Gewölbe, durch das ein Mann schlupfen kann, um das Innere zu untersuchen, überdeckt diese Rinnen. Wird der Raum über dem Dache zwischen den Stirnen der Bogen mit Erde aufgefüllt, so wird eine Anzahl Abzugsgräbchen von der Firste des Daches in diese Rinne von Backsteinen hergestellt. Diese werden am besten aus trockenen platt gelegten Backsteinen gemacht, welche man mit andern Backsteinen überdeckt und zwischen welchen man Fugen offen läßt, um das Wasser eintreten zu lassen. Die Erde wird auf die obere Schichte Backsteine gefüllt, welche so gelegt ist, daß sie eine gleichförmige Fläche bildet.

414. Ist der Raum über dem Dache nicht mit einer dichten Masse ausgefüllt, welche das zu tragende Gewicht auf das Gewölbe überträgt, so können Mauern parallel den Stirnseiten des Gewölbes aufgeführt werden, welche etwa kleinen Gewölben als Widerlager dienen, auf welchen die zu tragende Last ruht; oder diese Mauern werden mit großen Platten zu demselben Zwecke belegt.

Fig. 50. *)

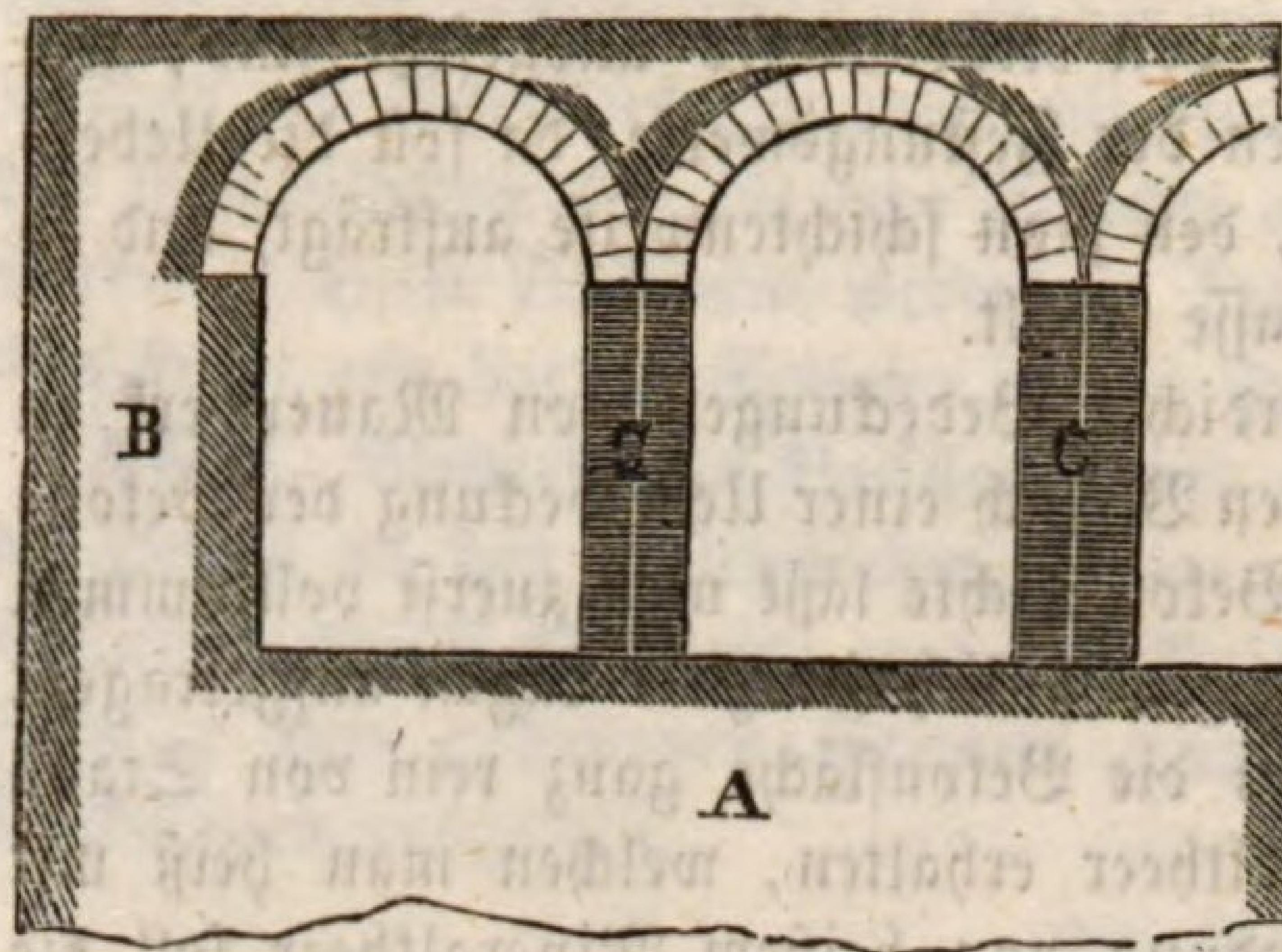
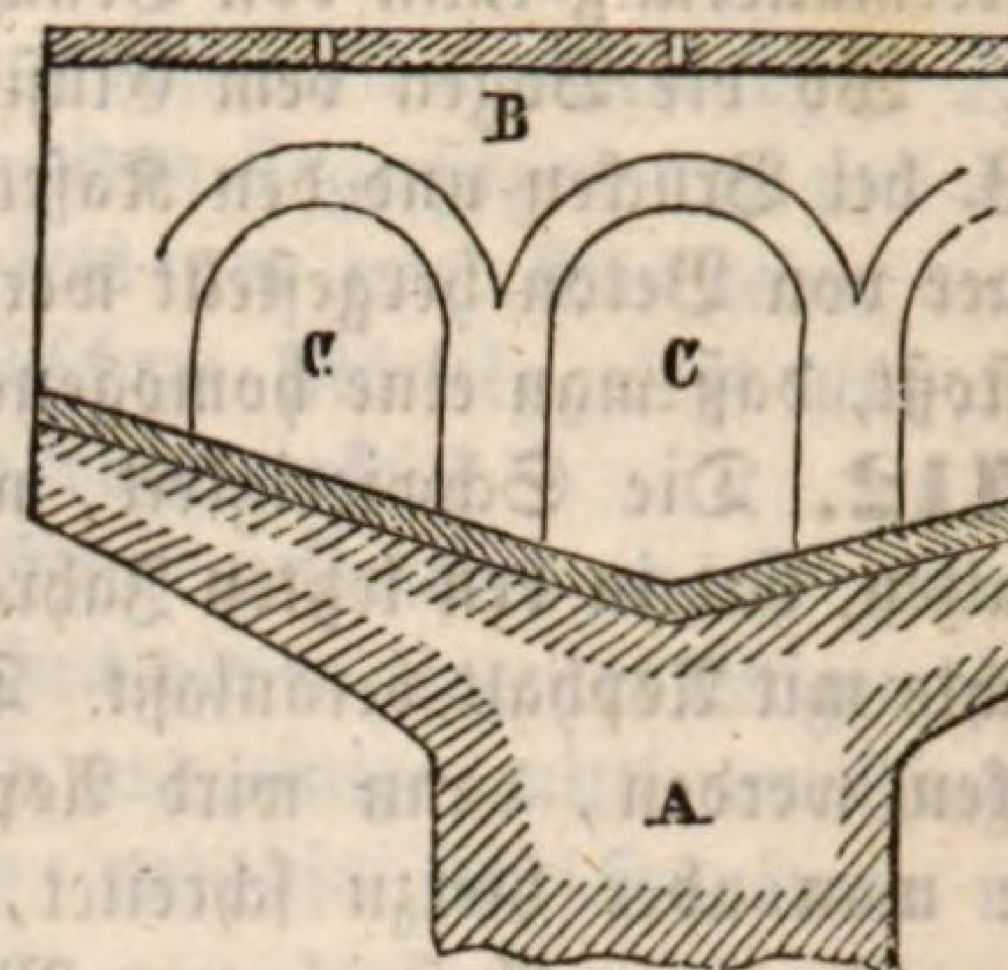


Fig. 51. **)



*) Fig. 50 zeigt den Durchschnitt durch den Pfeiler und die Stirnen eines Bogens, auf welchem Pfeiler C, C parallel zu den Stirnmauern B stehen, welche die auf dem Bogen stehende Last tragen.

**) Fig. 51 ist ein Schnitt durch zwei Bogen und den Pfeiler A mit einer Ansicht der Mauer B, welche Bogenöffnungen hat C, C, und parallel mit den Stirnflächen erbaut ist, um auf darübergelegten Platten die Last zu tragen.

In dem letzten Falle kann man die Mauern dadurch leichter machen, daß man bogenförmige Oeffnungen in denselben läßt. Alle diese Methoden sind bei Brücken im Gebrauche, um die Straße zu tragen und ebenso beim Ueberdachen gewölbter Gebäude. Sie pflanzen weniger Gewicht auf die Pfeiler und Widerlager fort, als diese bei vollständiger Ausfüllung zu tragen haben.

415. Aus den Beobachtungen, die man an großen Bögen über die Art des Setzens gemacht hat, und ebenso aus Versuchen mit Modellen geht hervor, daß in allen Fällen, wo die Wölbungshöhe so groß oder kleiner als die halbe Spannweite ist, der Schluß des Gewölbes hereinsinkt und die nebenliegenden Theile hinausdrückt (Fig. 52).

Bei Spitzbögen, oder solchen, bei denen die Wölbungshöhe größer als die halbe Spannweite ist, erfolgt das Brechen auf verschiedene Weise. Hier fallen die unteren Theile einwärts und die oberen werden hinausgedrückt (Fig. 53).

Fig. 52. *)

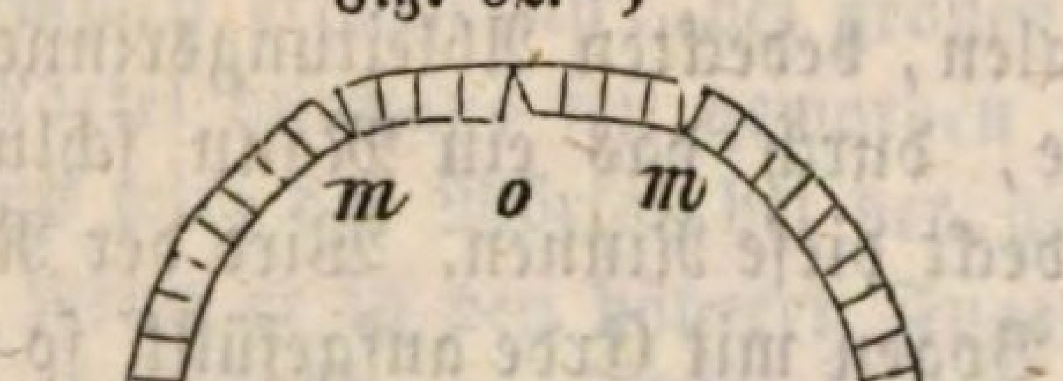
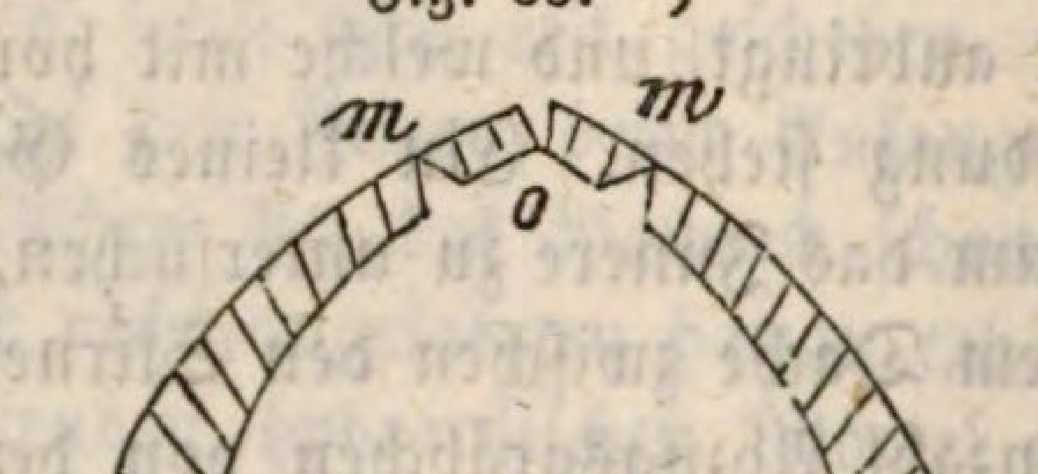


Fig. 53. **)



*) Fig. 52 zeigt die Bewegung, welche flache Bogen beim Brechen annehmen.
o Brechungsfuge am Schlußstein.
m, m Brechfugen unter dem Schlußstein.
n, n Brechfugen am Anfange des Gewölbes.

**) Fig. 53 zeigt, wie Spitzbogen brechen können. — Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie bei Fig. 52.

416. Bei dieser Bewegung wird der Schlußstein von beiden Seiten gedrückt; er muß diesem Horizontalschub durch seine rückwirkende Festigkeit widerstehen. Dieser Horizontalschub pflanzt sich durch das Gewölbe auf die Widerlager fort, welche durch ihn in der Gefahr sind, umgeworfen zu werden.

417. Die Brechfugen unter dem Schlußsteine ändern ihre Lage nach der

Form des Gewölbes und der von demselben zu tragenden Last. Aus Versuchen scheint hervorzugehen, daß diese Fugen bei dem Halbkreisbogen einen Winkel von ungefähr 27 Graden mit dem Horizonte machen; in Segmentbogen von weniger als 120 Grad sind diese Brechfugen die Anfänge des Gewölbes; in elliptischen Bogen mit drei Mittelpunkten bilden sie einen Winkel von etwa 45 Grad mit dem Horizonte.

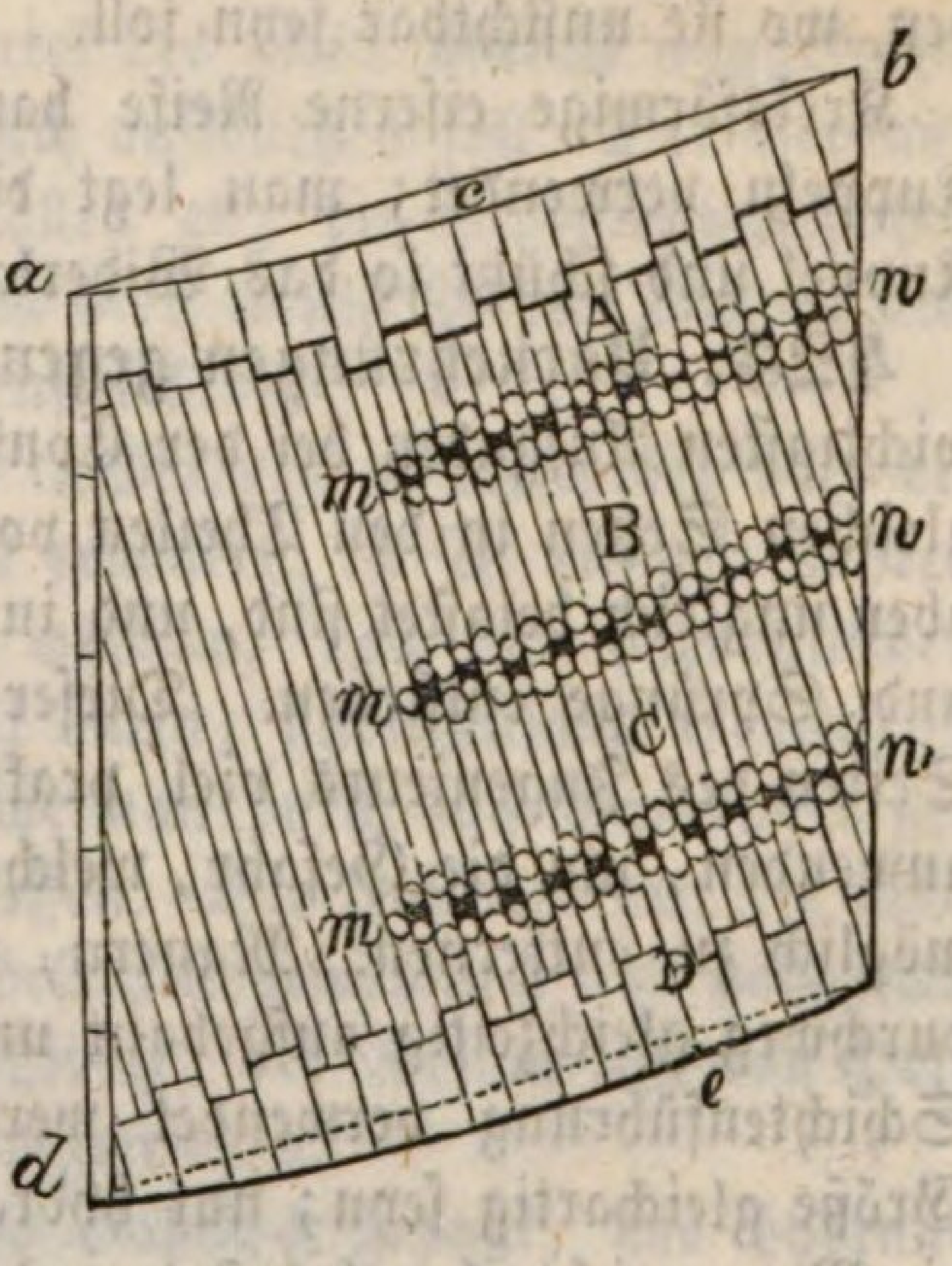
418. Die Berechnung der Lage der Brechfugen und des Horizontalschubs der Gewölbe und der daraus folgenden Dicke der Gewölbe und der Widerlager haben viele Schwierigkeit; einfacher wird die Aufgabe, wenn die Lage der Brechfugen gegeben ist.

Die Berechnung der Gewölbe hat viele Schriftsteller beschäftigt, und man hat Tafeln berechnet, um in jedem Falle die Mühe der Berechnung zu ersparen. Solche Tafeln findet man unter Anderem in dem schon öfters angeführten „Vademecum des praktischen Ingenieurs," Stuttgart bei Müller.

419. Die Verbindung zwischen dem obern Ende der Widerlager und den Schichten des Gewölbes erfordert bei Segmentbogen, schiefen und steigenden Gewölben besondere Sorgfalt. Bei den ersten ist der Schub des Bogens sehr groß und bei schweren Bögen ist es deßhalb gut, die Fugen der inneren Schichten des Widerlagers wenigstens für einige der obern Schichten schief gegen den Horizont zu stellen, um dem Abgleiten entgegenzuwirken. Der Kämpfer muß gut mit dem hinter ihm liegenden Mauerwerke verbunden seyn und die gehörige Dicke haben, um dem Druck auf ihn zu widerstehen.

Bei dem schiefen Gewölbe sind die Widerlager nicht gleichmäßig belastet, und dieses nimmt nicht den ganzen Druck des Gewölbes auf, wenn der Bogen in der gewöhnlichen Weise gebaut ist. Jeder dieser Punkte erfordert eine besondere Aufmerksamkeit; der erste verlangt eine passende Dicke der Widerlager; der zweite, daß der Bogen so gebaut werde, daß der Schub des Gewölbes so nahe als möglich parallel mit den Stirnflächen werde. Um das letzte zu erreichen, muß der Bogen oberhalb der Brechfugen in verschiedene Zonen getheilt seyn, von denen jede ohne Verbindung mit den beiden anliegenden, aber so gebaut wird, daß man diese Verbindung nach der Ausschalung bilden kann. Bei dieser Anordnung kann das Setzen nach dem Abbrechen des Lehrgerüstes erfolgen, ohne daß Brüche entstehen, und der Gewölbdruck nimmt die gewünschte Richtung an.

Fig. 54.*)



*) Fig. 54 stellt die Aufwicklung der Hälfte der innern Wölbfläche eines schiefen Tonnengewölbes mit schraubenförmigen Fugen dar, und zeigt die Theilung der Wölbfläche in Zonen A, B, C, D durch Stoßfugen ohne Mörtelverbindung.
aeb Aufwicklung der Curve des schiefen Schnittes.
ce eine der Kanten der Lagerfugen, rechtwinklig auf ab.
ad Anfangslinie des Gewölbes.

Bei steigenden Gewölben wird der Anfang des Gewölbes schief gegen den Horizont, und hier muß man darauf achten, ob diese Neigung nicht über den Winkel steigt, bei dem der Stein von selbst abgleitet. Ist dieses aber der Fall, so muß man den Kämpfer staffelförmig behauen oder einen besondern Verband herstellen, oder endlich eiserne Klammern und Bolzen anwenden, um ein Abgleiten des Bogens von dem Widerlager zu vermeiden.

420. Den Widerlagern von rechtwinkligen und wenig schiefen Tonnengewölben gibt man eine gleichförmige Dicke; wenn aber die Schiefe bedeutend wird, so kann man die Dicke der Widerlager gegen das Ende, wo der stärkste Druck ist, wachsen lassen.

Bei conischen Bögen nimmt ebenso die Dicke der Widerlager mit der Spannweite ab.

421. Bei Klostergewölben werden die Widerlager schwächer genommen als bei Tonnengewölben derselben Spannweite, und bei Kreuzgewölben muß man bei der Berechnung des Widerstandes, welchen die Widerlager gewähren, auch das Gewicht der beiden Gewölbe, welche auf dem Pfeiler ruhen, welcher dem Schub des Gewölbes entgegensteht, beachten.

422. Müssen Widerlager wie bei Gebäuden sehr hoch und deßhalb sehr dick werden, so kann man sie dadurch verstärken, daß man sie über das Gewölbe hinaufbaut, ähnlich den Thürmchen und Zinnen der gothischen Bauwerke; oder daß man gewöhnliche volle oder bogenförmige Strebepfeiler anbringt; oder endlich: man legt eiserne Bänder nahe bei den Brechfugen in die Gewölbe, um diese zusammenzuhalten. Die Anwendung dieser verschiedenen Mittel, ihre Form und Größe hängt von dem Charakter des Baues ab. Die Verankerung mit Eisen zum Beispiel kann nur bei den scheidrechten oder sehr flachen Gewölben dem Auge verdeckt werden, und muß also vermieden werden, wo sie unsichtbar seyn soll.

Kreisförmige eiserne Reife hat man zur Sicherung der Widerlager der Kuppeln verwendet; man legt diese Ringe um die untersten Schichten der Kuppel und schützt so das Widerlager vor dem Schub des Gewölbes.

423. Vorkehrungen gegen das Senken. Eine der schwierigsten und wichtigsten Aufgaben bei der Construction von Mauerwerk ist die, dem ungleichen Setzen in den Theilen vorzubauen, welche verbunden bleiben sollen, aber ungleich belastet sind, und in welchen durch dieses ungleiche Setzen Risse und Sprünge entstehen. Dieser Schwierigkeit zu begegnen, erfordert auf Seiten des Ingenieurs viel praktischen Takt. Er muß verschiedene Mittel anwenden, um die Gefahr, welche von ungleichem Setzen droht, so weit als möglich zu entfernen. Mauern, welche große Lasten tragen sollen, müssen durchweg gleichzeitig aufgebaut und große Sorgfalt auf den Verband und die Schichtenführung verwendet werden. Die Materialien sollen in Art und Größe gleichartig seyn; nur hydraulischer Mörtel sollte verwendet werden, und die Mauer nicht eher belastet werden, bis sie trocken ist, am besten im nächsten Jahr. Wenn es möglich ist, kann man auch ein Probegewicht auf die Mauer bringen, ehe die beständige Belastung aufgestellt wird.

Wo die Stirn eines Bogens in einer Mauer eingebaut ist, besonders wenn dieser Bogen eine große Last zu tragen hat, soll man die Mauer nur bis zum

Anfange des Bogens fortführen, und erst dann höher hinauf, wenn sich der Bogen vollständig gesetzt hat; und wenn hier die Gefahr eines Bruches zwischen dem Widerlager und der Mauer droht, so muß man diese von einander getrennt aufführen, aber so, daß später die Verbindung hergestellt werden kann. Es ist überdieß immer gut, das Bauen der Bogen bis zu der Bauzeit auszusetzen, welche auf die Vollendung der Pfeiler folgt, und die Belastung der Bogen erst in die auf ihre Vollendung folgende Bauzeit zu verschieben.

424. Der Mörtel in den Fugen nächst der Oberfläche, welche der Witterung ausgesetzt ist, soll vom besten hydraulischen Kalke oder Cement seyn, und dieser Theil des Verbandes wird gewöhnlich einige Zeit nachdem das Werk vollendet ist, hergestellt; die Fugen werden ausgestrichen oder beworfen. Welches die beste Zeit hierzu sey, ist noch eine Streitfrage unter den Baumeistern; Einige ziehen es vor, den Bewurf vorzunehmen, wenn der Mörtel in den Fugen noch weich ist, während Andere warten bis er hart geworden. Das letztere ist gebräuchlicher und besser. Der Mörtel hierzu soll mager seyn, d. h. er soll einen Ueberschuß an Sand haben; der Sand soll ein feines gleichmäßiges Korn haben und nur wenig Wasser zum Anmachen des Mörtels genommen werden. Ehe man den Bewurf vornimmt, müssen die Fugen sorgfältig ausgekratzt und dann genetzt werden. Der Mörtel wird mit einer passenden Kelle aufgetragen und in die Fugen gedrückt und dann an der Oberfläche glatt gerieben. Einen Bewurf zu erhalten, der den Einflüssen unseres Klimas widersteht, ist nicht die geringste Schwierigkeit der Baukunst. Die Ausdehnung und Zusammenziehung der Steine veranlassen bald Sprünge in dem Bewurf und selbst ein Ablösen desselben vom Steine, Wasser dringt ein, und beim Frieren und Aufthauen fällt der Bewurf ab.

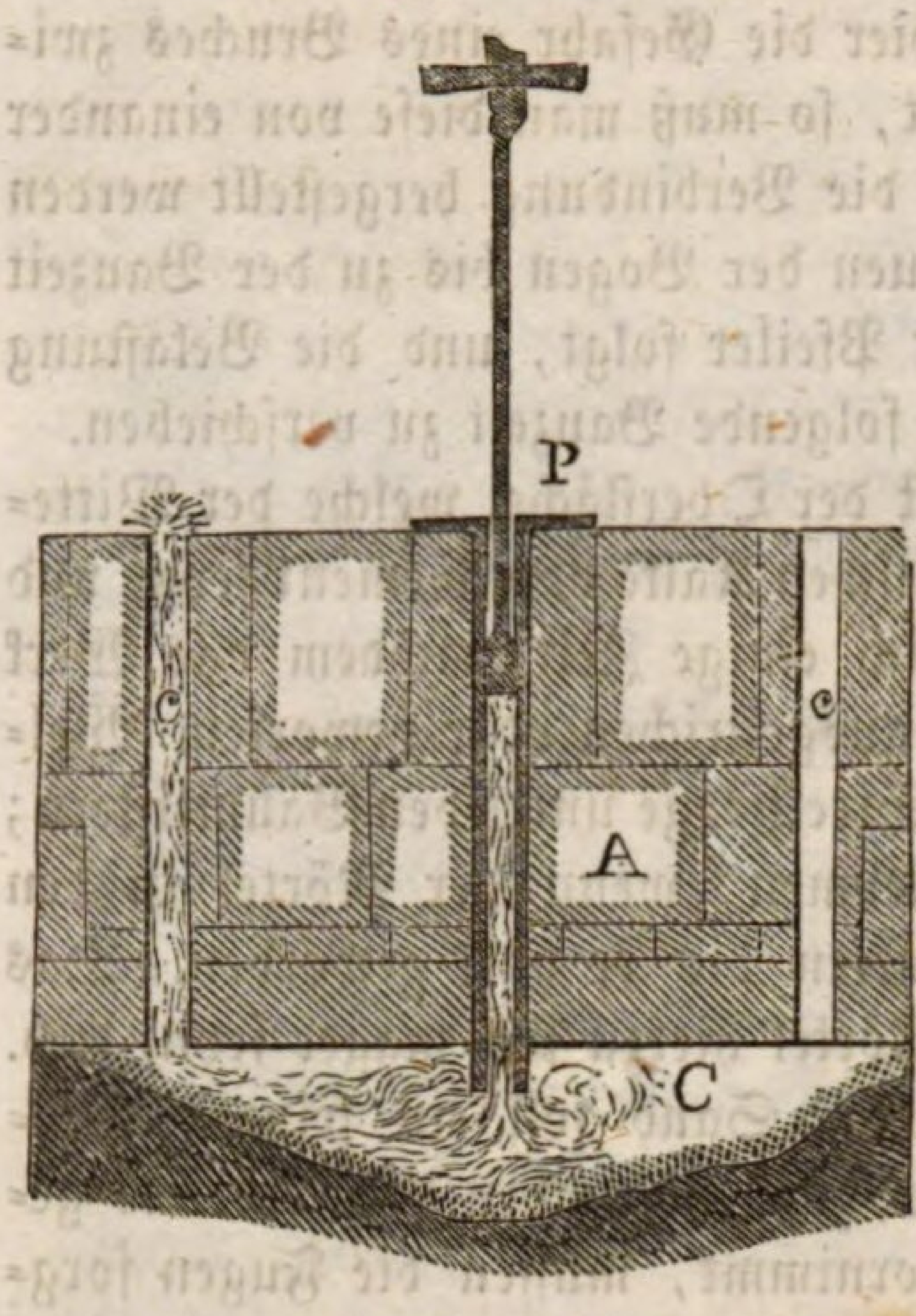
425. Ausbesserung an Mauerwerk. Soll neues Mauerwerk mit altem verbunden werden, so wird der Mörtel des alten überall weggekratzt, wo er bröcklig ist und wo die neue Mauer sich anschließen soll. Der Verband hängt von den Umständen des einzelnen Falles ab; die Verbindungsflächen muß man sorgfältig zusammenpressen, so daß man wenig Mörtel braucht und deßhalb das Setzen keine Trennung hervorrufen kann.

426. Ein Mittel um unganze Stellen in Mauern zu verstopfen oder die Gründungsbetten welche ausgespült sind, zu erneuern, ist seit einigen Jahren von französischen Ingenieuren gebraucht worden, das bei hydraulischen Constructionen sehr dienlich ist. Es besteht darin, hydraulisches Cement in die auszufüllenden Theile durch Löcher, welche man durch das Mauerwerk gebohrt hat, mit einer starken Pumpe einzupressen. Die Instrumente, die man hierzu gebraucht (s. umstehende Fig. 55), bestehen gewöhnlich aus hölzernen oder gußeisernen Röhren mit gleichdicker Höhlung; der Kolben ist von Holz und wird mit einem schweren Schlägel niedergetrieben.

Beim Gebrauche wird die Pumpe in das Bohrloch gepaßt, das hydraulische Cement halbflüssig eingefüllt, ein Pfropf von Werk oder eine Lederscheibe und dann der Stempel aufgesetzt, welcher mit einigen Schlägen niedergetrieben wird.

427. Ein Mörtel von hydraulischem Kalke und feinem Sande ist zu demselben Zwecke gebraucht worden; der Kalk wurde frisch aus dem Ofen

Fig. 55.*)



zerrieben und ohne ihn abzulöschen verwendet, damit er bei der Ausdehnung, welche das Ablöschen begleitet, die Räume um so vollständiger ausfülle. Diese Ausdehnung kann aber auch in eingeschlossenen Räumen gefährlich werden. Der Gebrauch des Sandes bei Mörtel, der eingegossen werden soll, wird von manchen Ingenieuren verworfen, weil er bei dem flüssigen Zustande, in welchen der Mörtel gebracht werden muß, in diesem sich zu Boden setzt und so eine ungleichartige Schichte hervorbringt.

428. Einwirkungen der Temperatur auf Mauerwerk. Frostkälte ist die zerstörendste Kraft, gegen welche der Ingenieur seine Werke zu schützen hat. Während strenger Winter in den nördlichen Gegenden (der vereinigten Staaten) dringt der Frost auf drei Meter Tiefe in die Erde,

*) Fig. 55 zeigt eine Anordnung, um hydraulisches Cement unter eine Mauer zu bringen. A Querschnitt der Mauer mit verticalen, durchgeschlagenen Löchern c, c. B die Pumpe, durch welche das Cement in den Raum C gebracht wird.

welche mit Mauern in Berührung steht, wie die Beobachtung gelehrt hat. In Deutschland liegt diese Gränze viel höher, wohl nirgend unter 1,5 Meter. Es ist wegen dieses Eindringens der Kälte von der größten Wichtigkeit, alle Mittel anzuwenden, um die Erde in Berührung mit Mauerwerk trocken zu erhalten, zu welcher Tiefe man auch mit den Fundamenten hinabgestiegen ist. Ohne dieses erreicht zu haben, können die ernstesten Unfälle die Fundamentmauern treffen.

Sammelt sich Wasser in einiger Menge in der Erde um die Mauer, so kann es nothwendig seyn, kleine bedeckte Abzugsgraben rund um das Fundament anzulegen und eine Lage looser Steine zwischen die Seiten des Fundamentes und die Erde zu bringen, um dem Wasser freien Abzug zu geben.

Es kann als ein Grundsatz aufgestellt werden, daß Mörtel welcher ehe er gebunden hat, dem Froste ausgesetzt war, seine bindenden Eigenschaften ganz verloren hat. Dieses macht klar, wie nothwendig die früher gegebene Vorschrift war, die Fundamente bis wenigstens auf einen Meter Höhe über den Boden in hydraulischen Mörtel zu legen; denn wenn schon der Mörtel unter dem Boden durch die Erde vor Frost bewahrt seyn kann, so sind dieß doch die Theile über dem Boden nicht; diese nehmen die Feuchtigkeit des Bodens auf und der Mörtel bindet nicht oder nur sehr langsam, wenn der Kalk gemeiner Kalk ist; der Winter kommt und der Mörtel ist noch nicht erhärtet; das Fundament ist erfroren.

Bei schweren Mauern ist der Mörtel im Innern gewöhnlich vor dem Angriffe des Frostes geschützt, und solche Mauern können aufgebaut werden, bis

die Frostkälte beginnt; aber alle wichtigen Bauten sollte man einige Wochen vor dem gewöhnlichen Eintreten der Gefrierkälte einstellen.

Im heißen Sommer trocknet der Mörtel zu schnell; deßhalb müssen dann die Steine besonders gut genäßt werden, und in sehr heißen Tagen muß die Mauer feucht erhalten werden, bis der Mörtel zu binden anfängt. Die obersten Schichten sollten immer gut benetzt werden, wenn der Arbeiter auf kurze Zeit dieselben verläßt.

Die Wirkungen hoher und niederer Temperatur auf frischen Mörtel sind ähnlich. Im einen Falle hindert das Gefrieren des Wassers die Verbindung des Sandes und Kalkes; im andern Fall tritt dasselbe durch die schnelle Verdünstung des Wassers ein. In beiden Fällen erhält man einen weichen, pulverigen Mörtel.

Zimmerung.

---

429. Zimmerung (framing; charpente) heißt das Verfahren, Balken von festen Stoffen zu den verschiedenen Zwecken des Bauwesens zusammenzusetzen.

430. Gewöhnlich wird der Ausdruck Zimmerung nur dort gebraucht, wo die Balken von Holz sind. Wir gebrauchen diesen Ausdruck allgemeiner für jedes Material.

431. Holz und Eisen sind die einzigen Stoffe, welche gewöhnlich zu Zimmerwerk gebraucht werden. Eisen bietet einen größern Widerstand dar, ist dauerhafter und läßt sich überdieß in die passenden Formen ohne Verlust an Stärke bringen, während Holz nur wenige Formen mit Vortheil zuläßt. Dieses ist aber gewöhnlich wohlfeiler.

432. Bei einem Zimmerwerk verlangt man durch zweckmäßige Verbindung von Bäumen den für das Bauwerk nothwendigen Grad von Festigkeit und Steifheit, vereinigt mit einer Leichtigkeit und Ersparung von Material zu erreichen, deren eine Construction aus dichten Massen nicht fähig ist. Zu diesem Ende müssen die einzelnen Balken die günstigste Form erhalten, und so verbunden werden, daß sie den größten Widerstand leisten und durch die wirkenden Kräfte nicht aus ihrer Lage gebracht werden können.

433. Die Formen der Balken hängen von der Natur des Balkens und von der Kraft ab, welcher der Balken widerstehen soll, und welche Zusammendrückung, Ausdehnung oder Querdruck seyn kann.

434. Die Gestalt und die Verbindung der Balken, welche man dem Zimmerwerke gibt, hängt von dem Zwecke desselben ab und von der Richtung der Kräfte, denen es widerstehen soll.

Bei Zimmerwerk aus Holz sind die Querschnitte jedes Baumes gewöhnlich durchaus gleich und entweder kreisförmig oder rechtwinklig, welches die einzigen einfachen Formen sind, welche man dem Holze geben kann, ohne seiner Stärke zu schaden. Bei gußeisernem Zimmerwerk kann jeder einzelne Balken in die Form gegossen werden, welche die größte Festigkeit mit dem geringsten Aufwande an Material gibt.

435. Bei der Verbindung der Balken muß man, was immer die Gestalt des Zimmerwerks ist, den Theilen, welche es zusammen bilden, so viel wie möglich die Form von Dreiecken geben, bei denen jede Seite aus einem Balken zusammengesetzt ist, welche in den Ecken so verbunden sind, daß ein Ausweichen dort nicht stattfinden kann. Bei allen Verbindungen, in welchen die Hauptbalken Vielecke bilden, müssen Hilfsbalken angebracht werden, entweder in der Richtung der Diagonalen, oder so, daß sie jedes Paar Balken verbinden, welche in einem Winkel zusammenstoßen. Diese zweite Reihe von Balken nennt man, wenn sie zusammengedrückt werden, Streben (struts, contrefiches), wenn sie auseinandergezogen werden, Bänder (ties; tirants).

436. Einer der Zwecke eines Zimmerwerkes ist, die Kraft, welcher es widersteht, auf bestimmte unbewegliche Punkte fortzuleiten; man muß deßhalb die einzelnen Balken so anordnen, daß dieses auf dem Wege geschieht, auf welchem eine Aenderung der Form des Zimmerwerkes am wenigsten leicht hervorgebracht und also die Balken dem Brechen am wenigsten unterworfen sind. Diese Bedingung wird am besten erfüllt, wenn man den Hauptbäumen eine solche Stellung gibt, daß der Druck oder Zug nach ihren Mittellinien zu den unbeweglichen Widerlagern geführt wird; bei dieser Anordnung können diese Kräfte die Form des Zimmerwerkes nur so weit ändern, als dieß durch die Verkürzungen oder Verlängerungen der Hauptbalken geschieht; und wenn alle unnöthigen Seitendrücke auf diese Weise umgangen werden, so werden die Balken den größtmöglichen Widerstand leisten.

437. Wo diesen Bedingungen nicht genügt werden kann, muß das Zimmerwerk so angeordnet werden, daß die Kräfte, welche nicht auf Fixpunkte übertragen werden können, durch andere im Gleichgewichte gehalten werden, oder sich gegenseitig aufheben; dabei müssen die Balken, welche dem Zerbrechen oder einer solchen Biegung ausgesetzt sind, daß sie die Stabilität des Zimmerwerkes gefährden könnten, durch Streben gegen die festen Widerlager oder gegen solche Punkte des Zimmerwerks gestützt werden, welche durch den Druck der Strebe eine Aenderung der Gestalt des Zimmerwerks nicht veranlassen können.

438. Die Stützpunkte eines Zimmerwerkes können oberhalb oder unterhalb desselben liegen; im ersten Falle hat man ein Hängewerk, dessen Vieleck eine stabile Gleichgewichtslage annimmt, wobei die einzelnen Seiten eine Ausdehnung erleiden; im zweiten Falle müssen die oben aufgezählten Mittel angewendet werden, um einem vieleckigen Zimmerwerke Stabilität zu geben.

439. Die Stärke eines Zimmerwerkes und seiner Theile muß nach dem Widerstande bemessen werden, den es zu leisten hat. Ist die Form des Balkenwerks und die Richtung und Größe der Pressungen gegeben, so kann man nach den Sätzen der Statik berechnen, welchem Widerstande jedes einzelne Stück entgegenzutreten hat, und welche Dimensionen man demselben deßhalb geben muß.

440. Der Zweck des Bauwesens muß nothwendig die allgemeine Form des Zimmerwerkes feststellen und ebenso die Richtungen der Pressungen, welche er zu tragen hat. Eine Prüfung der Zimmerwerke einiger der häufiger vorkommenden Bauten wird deßhalb der beste Weg seyn, sowohl die vorstehenden allgemeinen Grundsätze weiter zu erläutern, als auch die gewöhnlichsten Verbindungen kennen zu lernen.

441. Zimmerwerk aus Holz. Dieses ist entweder eine Verbindung von geraden Hölzern oder eine Verbindung von geraden Hölzern mit gebogenen.

Stücke von winkeligem Holze werden nur da gebraucht, wo die Form der Theile dieß erfordert oder wo eine Verbindung von geraden Hölzern im Winkel statthaben soll.

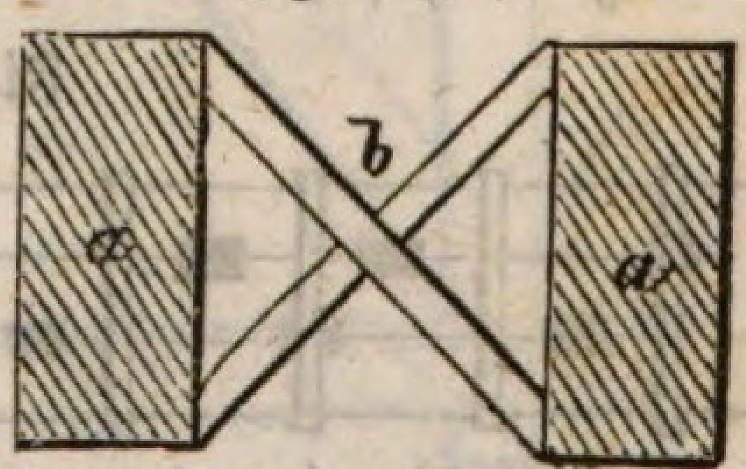
442. Wie schon gesagt, sind die Querschnitte der Hölzer gewöhnlich durchweg gleich und rechteckig. Dieß muß in manchen Fällen mehr Festigkeit geben als die Belastung erfordert und es wird also auf die Unterlagen ein größerer Druck fortgepflanzt, als wenn Bäume von genau hinreichender Festigkeit wären verwendet worden; aber man vermeidet auf diese Weise ein Durchschneiden der Fasern des Holzes, durch welches dieses wesentlich geschwächt wird. Verschiedene Hölzer, welche zu demselben Zimmerwerke vereinigt werden, können dagegen recht wohl verschiedene Querschnitte erhalten.

443. Zimmerwerk für Querdrücke. Die Theile eines Zimmerwerkes, welche eine querdrückende Last zu tragen haben, können entweder horizontal liegen wie die Balken (**beams, joists; poutres, solives**) eines Bodens, oder schief wie die Sparren (**rafters; chevrons**) eines Daches. Die Belastung kann gleichförmig über das Holz vertheilt seyn, wie in den angeführten Beispielen, wo sie von dem Gewichte des Bodens oder des Daches herrührt, oder sie kann nur in Einem Punkte wirken, wie bei einem Gewichte, das von einem Balken getragen wird.

In allen diesen Fällen müssen die Enden des Balkens fest auf einer unbeweglichen Unterlage liegen, und die längere Seite des Querschnittes in der Richtung des Druckes liegen.

Ist die Spannweite, die Entfernung der beiden Unterlagen nicht groß, so kann das Zimmerwerk lediglich in einer Reihe paralleler Balken bestehen, welche in der der Last entsprechenden Entfernung nebeneinander liegen. Wenn die Balken sehr nahe beisammen liegen oder der Querschnitt sehr hoch ist (Fig. 56), so werden kurze Streben von Latten zwischen je zwei Balken in diagonaler Stellung gebracht, um das Drehen und Nachgeben der Balken zu verhindern.

Fig. 56.*)



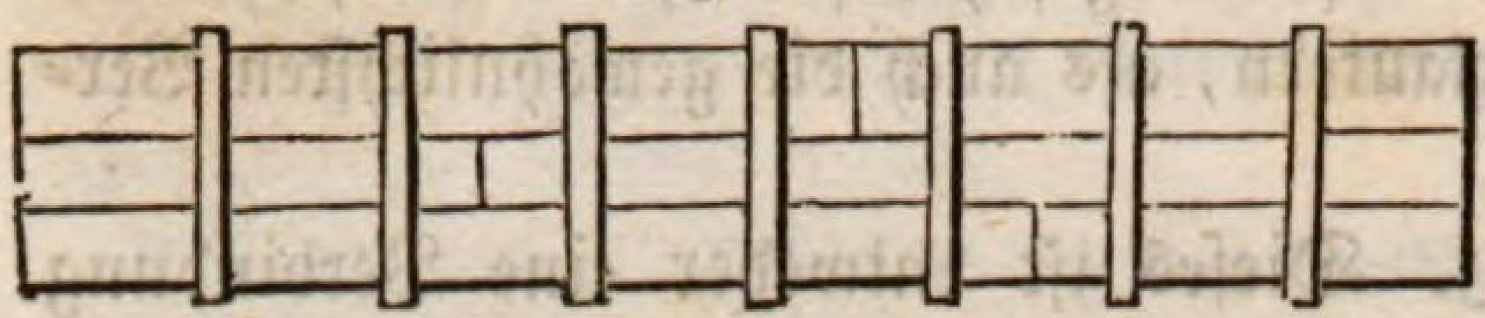
Ist die Spannweite und der Druck so groß, daß ein einzelner Balken hinreichende Festigkeit und Steifheit nicht gibt, so wendet man zusammengesetzte Balken an, welche entweder in unmittelbar übereinander gelegten und fest miteinander verbundenen Balken bestehen — geschlossenen Balken; oder welche aus zwei Balken zusammengesetzt, die einen Raum zwischen sich lassen, in welchem Querstücke so angebracht sind, daß der Druck

*) Fig. 56 zeigt den Querschnitt horizontaler Balken, die durch diagonale Latten verbunden sind.

auf den einen Balken sich gleichförmig auf den andern fortpflanzt, — offen gebaute Balken.

444. Geschlossen gebaute Balken. Hierzu werden die Balken in jeder Schichte Hirn an Hirn gestoßen, so daß die Fugen der einzelnen Schichten miteinander wechseln. Die Schichten werden fest zusam-

Fig. 57. *)



*) Fig. 57 zeigt einen zusammengesetzten Balken von 3 Schichten; die Schichten sind durch eiserne Bänder zusammengehalten.

Fig. 58. *)



mengepreßt, entweder durch Schraubenbolzen, oder durch fest angetriebene eiserne Bänder oder durch eiserne Bügel mit Schrauben an den Enden.

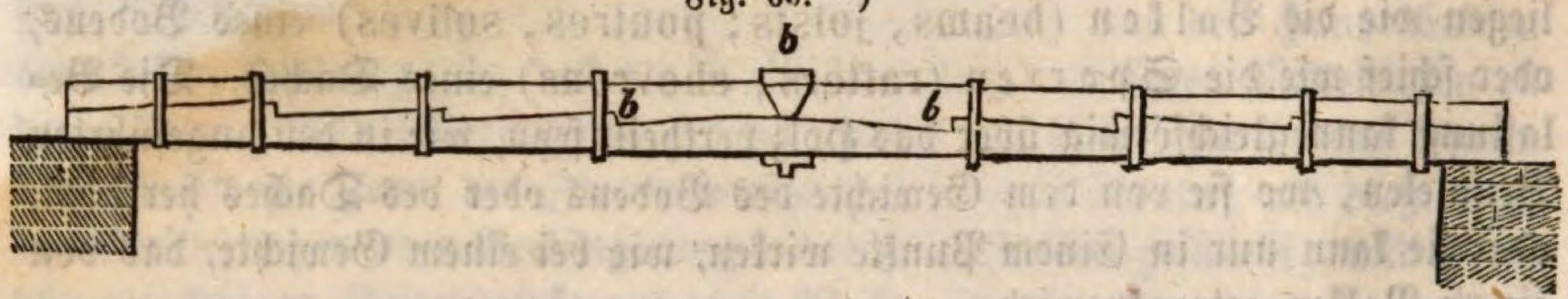
*) Fig. 58 zeigt einen eisernen Bügel oder Band a mit Schrauben und Muttern c, welche das Querstück b festhalten.

Fig. 59. *)



Ist die Kraft von der Art, daß die Schichten übereinander gleiten könnten, so verzahnt man die einzelnen Schichten und paßt sie gut ineinander (Fig. 59 und 60.);

Fig. 60. **)

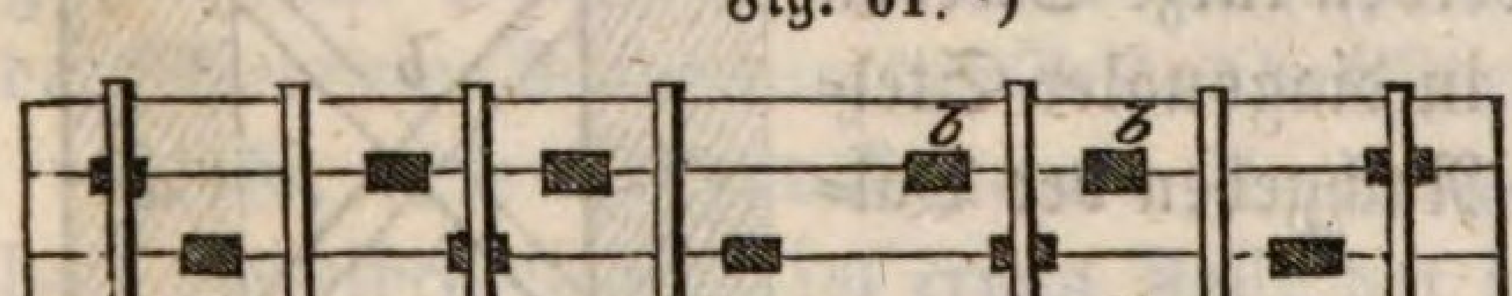


*) Fig. 59 zeigt einen verzahnten zusammengesetzten Balken mit drei Schichten, welche durch eiserne Bänder vereinigt sind.

**) Fig. 60 stellt einen Balken von zwei Schichten dar; der obere Theil besteht aus zwei Hölzern b, b, welche durch einen keilförmigen Bolzen a fest in die Verzahnungen gepreßt werden.

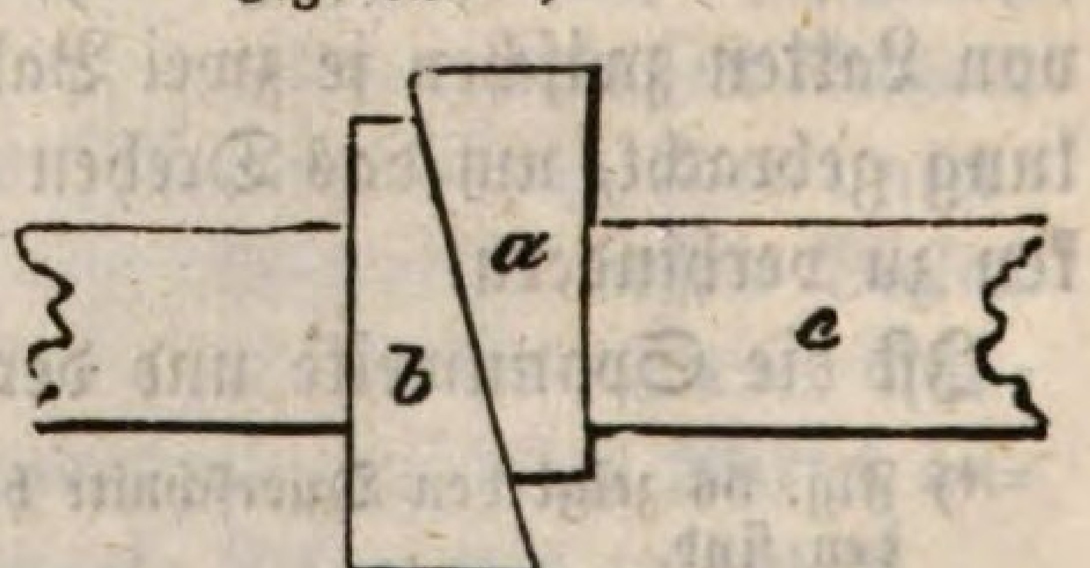
oder es werden rechtwinklige Löcher quer an jedem Baum ausgearbeitet (Fig. 61), in welche man Bolzen von hartem Holze oder zuweilen auch Keile (Fig. 62) treibt, um die Hölzer zu zwingen, sich so zu biegen, als ob das Ganze ein solider Balken sey.

Fig. 61. *)



*) Fig. 61 zeigt einen zusammengesetzten Balken mit Bolzen b, b von hartem Holze zwischen den Schichten.

Fig. 62. **)



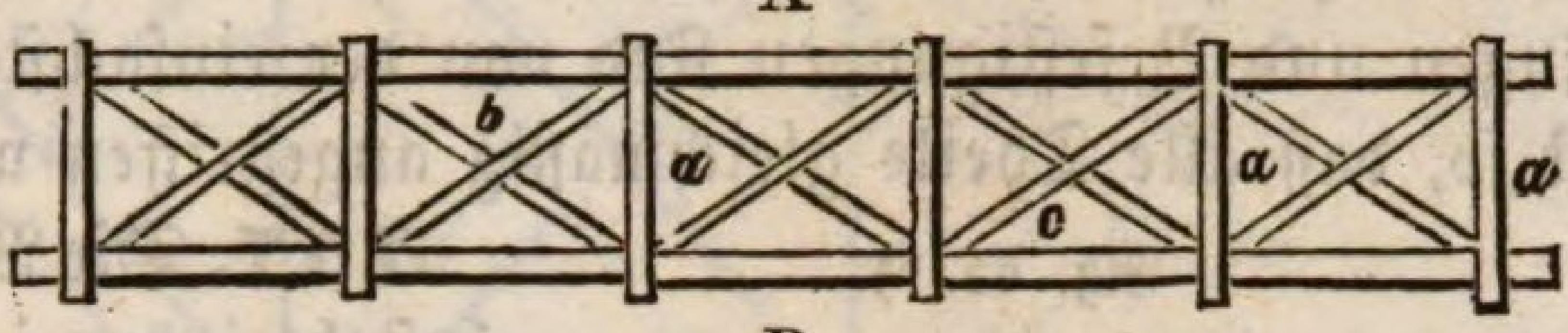
**) Fig. 62, Keile a, b, welche in die Einschnitte in den Bäumen getrieben werden.

Die Fugen zwischen den Balken können hier etwas offen bleiben, ohne die Festigkeit der Verbindung wesentlich zu mindern. Dieß ist bei Balken, welche der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, von Wichtigkeit, da es die Verdunstung bedeutend erleichtert. Filz oder starkes Papier, mit Mineraltheer getränkt, soll

die Fugen vor der Einwirkung der Feuchtigkeit schützen. Das präparirte Material wird über die ganze Ausdehnung der Fuge ausgedehnt, und dann der Balken fest zusammengeschraubt.

445. Durchbrochen gebaute Balken. Der Hauptpunkt, den man bei diesen Verbindungen im Auge haben muß, ist der, daß die Verbindung des obern und untern Balkens so hergestellt werde, daß sich jede Belastung auf beide gleichmäßig vertheilt. Dieß kann auf verschiedene Weise erlangt werden (Fig. 63).

Fig. 63. *)



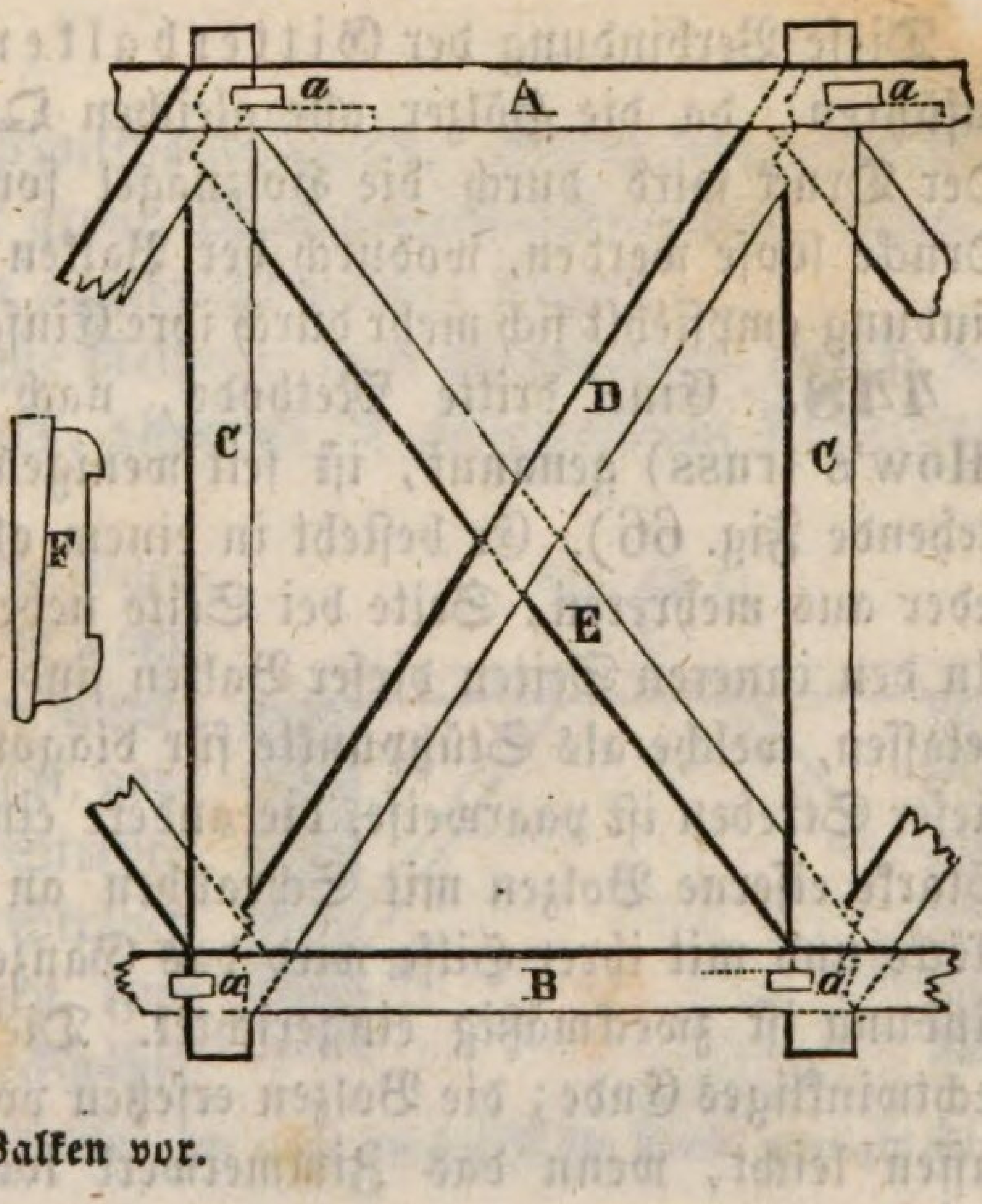
*) Fig. 63 stellt einen durchbrochen gebauten Balken vor. A und B sind Langhölzer, oben und unten; a, a Querhölzer, entweder einzeln oder paarweise; b paarweise diagonale Bänder; c einfache diagonale Bänder.

Der oberste und der unterste Baum können einfache oder selbst zusammengesetzte Balken seyn; sie sind von Strecke zu Strecke durch rechtwinklig auf ihnen stehende Querhölzer, Pfosten verbunden, zwischen welchen diagonale Bänder angebracht sind. Bei dieser Anordnung muß die relative Lage aller Theile des Balkens sich erhalten und der Druck pflanzt sich gleichförmig über das Ganze fort.

Zwei der am besten bekannten Anwendungen dieser Verbindung, bei der nur Holz vorkommt, rühren von dem Colonel Long bei den Topographen der Vereinigten Staaten und von dem verstorbenen Town her.

446. Die Construction des Obersten Long (Fig. 64) besteht in drei oberen und drei unteren Balken, welche parallel nebeneinander, in solchen Entfernungen voneinander liegen, daß zwischen die mittleren Bäume und die äußeren die Querhölzer eingepaßt werden können. Diese Querhölzer, Pfosten, stehen paarweise in passenden Entfernungen längs der Balken, mit welchen sie durch Keile mit Schuhen verbunden sind, welche durch die Balken und entsprechende Einschnitte der Pfosten gehen. Ein diagonales Holz, das Band, verbindet den Kopf des einen Pfostens mit dem Fuße des nächsten

Fig. 64. *)



*) Fig. 64 stellt ein Fach von Long's Balken vor.
A und B obere und untere Balken.
C, C Pfosten, die paarweise stehen.
D Bänder, paarweise.
E Gegenbänder, einzeln.
a, a Löcher, in welche Keile mit Schuhen eingetrieben werden.
F Schuh und Keil von hartem Holze.

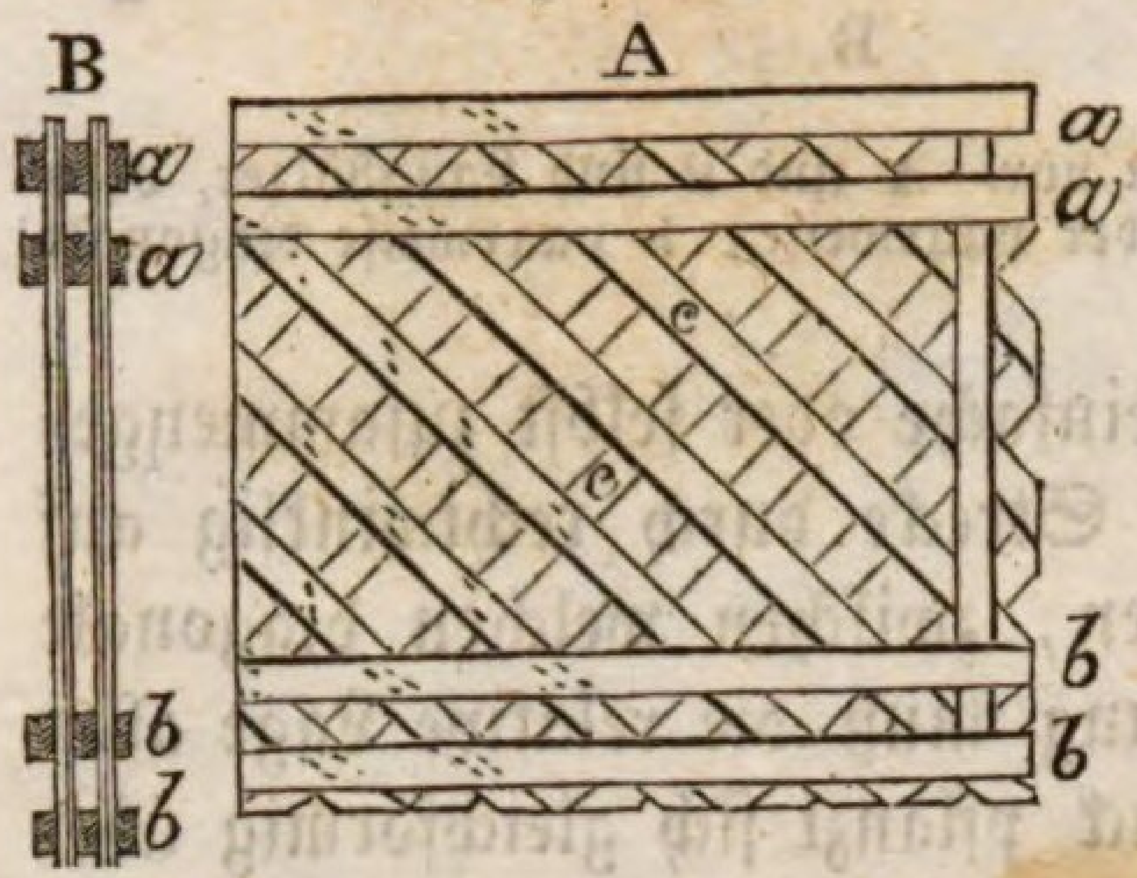
durch eine passende Fuge. Ein anderes diagonales Holz, das Gegenband, ist kreuzweise zwischen zwei Bänder und die dazu gehörigen Pfosten mit den

Enden auf den mittleren Balken der obern und der untern Schichte gestellt. Die Gegenbänder sind mit den Pfosten und den Bändern durch hölzerne Nägel verbunden.

Bei großer Spannweite müssen die Bäume Hirn auf Hirn aneinander gestoßen werden. In diesem Falle müssen die Fugen abwechseln und an den Fugen kurze Balken zwischen den mittleren und äußeren eingeschaltet werden.

Die Hölzer dieser Construction sind alle von gleichem Querschnitt, die Fugen und Befestigungen sind von der einfachsten Art, und die Construction ist so, daß alle Theile gleichmäßig angegriffen werden.

Fig. 65. *)



447. Die Verbindung von Town (Fig. 65) besteht in zwei Hauptbalken, von denen jeder aus zwei oder drei parallelen Hölzern gebildet ist. Zwischen den parallelen Hölzern ist eine Reihe von diagonalen Bändern kreuzweise befestigt. Diese Bänder sind mit den Langhölzern und unter sich durch hölzerne Nägel verbunden. Sind die Langhölzer in drei Reihen vorhanden, so werden die diagonalen Bänder zwischen diese Bäume gelegt, und noch zwei Reihen Langhölzer zwischen diesen Bändern angebracht.

*) Fig. 65, **A** ein Aufriß und **B** eine Endansicht eines Stückes von Town's Balken.
a, a obere Balken.
b, b untere Balken.
c, c diagonale Bänder.

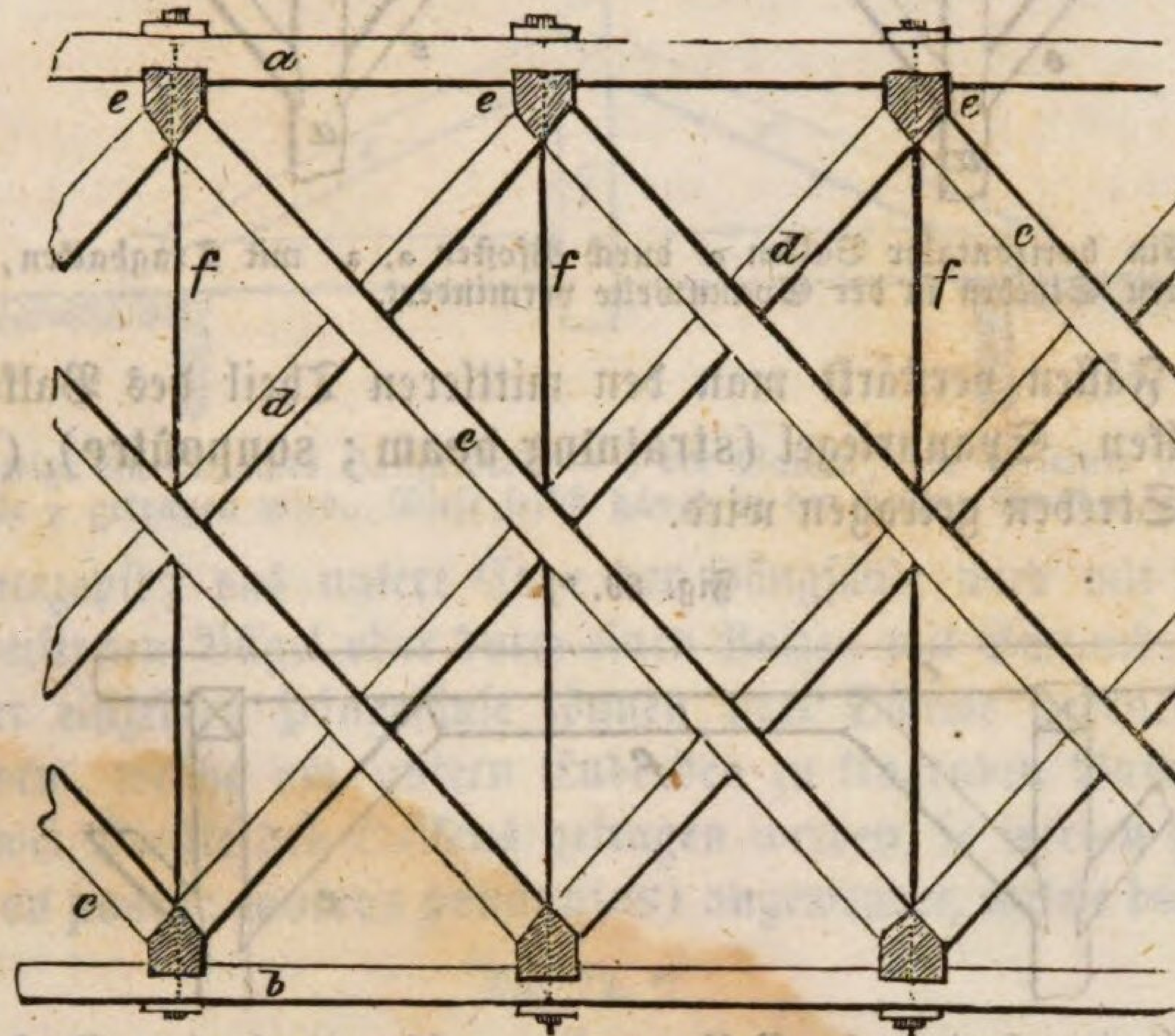
Diese Verbindung der Gitterbalken (lattice truss) ist sehr leicht auszuführen, da die Hölzer alle gleichen Querschnitt und gleiche Länge haben. Der Druck wird durch die Holznägel fortgepflanzt, welche bei wechselndem Drucke loose werden, wodurch der Balken seine Steifheit verliert. Diese Verbindung empfiehlt sich mehr durch ihre Einfachheit als durch ihre Zweckmäßigkeit.

448. Eine dritte Methode, nach dem Patentträger How's Balken (How's truss) genannt, ist seit wenigen Jahren bekannt geworden (nebenstehende Fig. 66). Er besteht in einem obern und untern Balken, von denen jeder aus mehreren, Seite bei Seite nebeneinander gelegten Hölzern besteht. An den inneren Seiten dieser Balken sind kurze Stücke von hartem Holze eingelassen, welche als Stützpunkte für diagonale Streben dienen; die eine Reihe dieser Streben ist paarweise, die andere einfach und zwischen jenen angebracht. Starke eiserne Bolzen mit Schrauben an den Enden gehen durch die Fußblöcke und mit ihrer Hilfe wird das Ganze fest zusammengezogen. Diese Verbindung ist zweckmäßig eingerichtet. Die Fußblöcke geben den Streben ein rechtwinkliges Ende; die Bolzen ersetzen vortheilhaft die hölzernen Pfosten und lassen leicht, wenn das Zimmerwerk loose geworden, dieß auf's Neue zusammenziehen.

Die vorstehenden Verbindungen sind in den Vereinigten Staaten vielfältig bei Brücken angewendet worden. Bei dieser Anwendung wird das Holzwerk, das die Fahrbahn trägt, gewöhnlich auf die unteren Langhölzer gelegt; zwei, drei oder vier solche gebaute Balken, wie es der Fall verlangt, tragen die

Querbäume unter der Fahrbahn; die mittleren lassen auf jeder Seite die gleiche Weite bis zu den äußeren Balken.

Fig. 66. *)

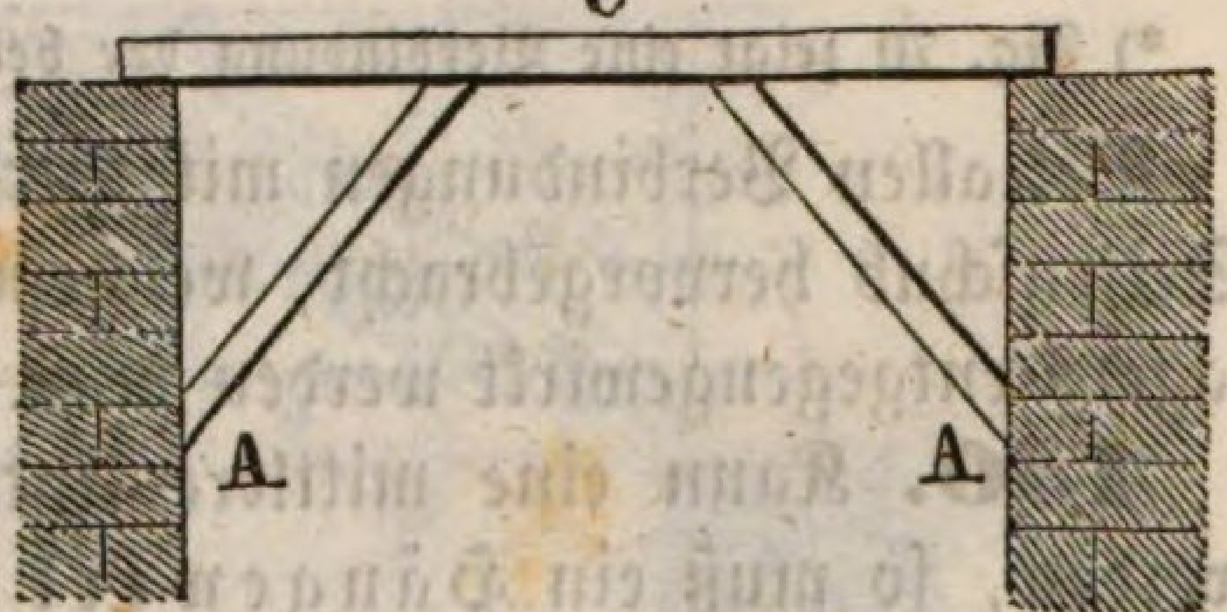


*) Fig. 66 ist ein Aufriß eines Theils von einem How's-Balken.
a oberer Balken.
b unterer Balken.
c, c diagonale Streben, die paarweise vorhanden ist.
d einfache Streben.
e, e Füße von hartem Holze.
f, f eiserne Schraubenbolzen.

449. Zimmerwerk mit Zwischenträgern. Balken von gewöhnlichen Dimensionen kann man für sehr große Spannweiten gebrauchen, wenn zwischen den Enden Unterstützungen angebracht werden können.

Die gewöhnlichste und einfachste Methode, diese anzubringen, besteht darin, daß man verticale Pfosten (**props, shores**) in angemessenen Entfernungen unter dem Tragbalken aufstellt.

Fig. 67. *)



Wenn diese Stützen aus anderweitigen Gründen nicht anwendbar sind, und wenn feste Punkte außerhalb, unter den Punkten, in welchen der Balken aufliegt, vorhanden sind, so kann man schiefe Streben (Fig. 67) anwenden. Diese Streben erhalten einen passend geformten Fuß und sind oben in den Balken zweckmäßig eingefugt. In manchen Fällen kann die Spannweite dadurch vermindert werden, daß man auf die Stützpunkte kurze Hölzer: Sattelhölzer, Schirrbalken (**corbels; soupoûtres**) legt (Fig. 68) und diese nahe an den Enden durch Streben stützt.

*) Fig. 67 zeigt einen horizontalen Balken, der nahe an der Mitte durch geneigte Streben gestützt wird.

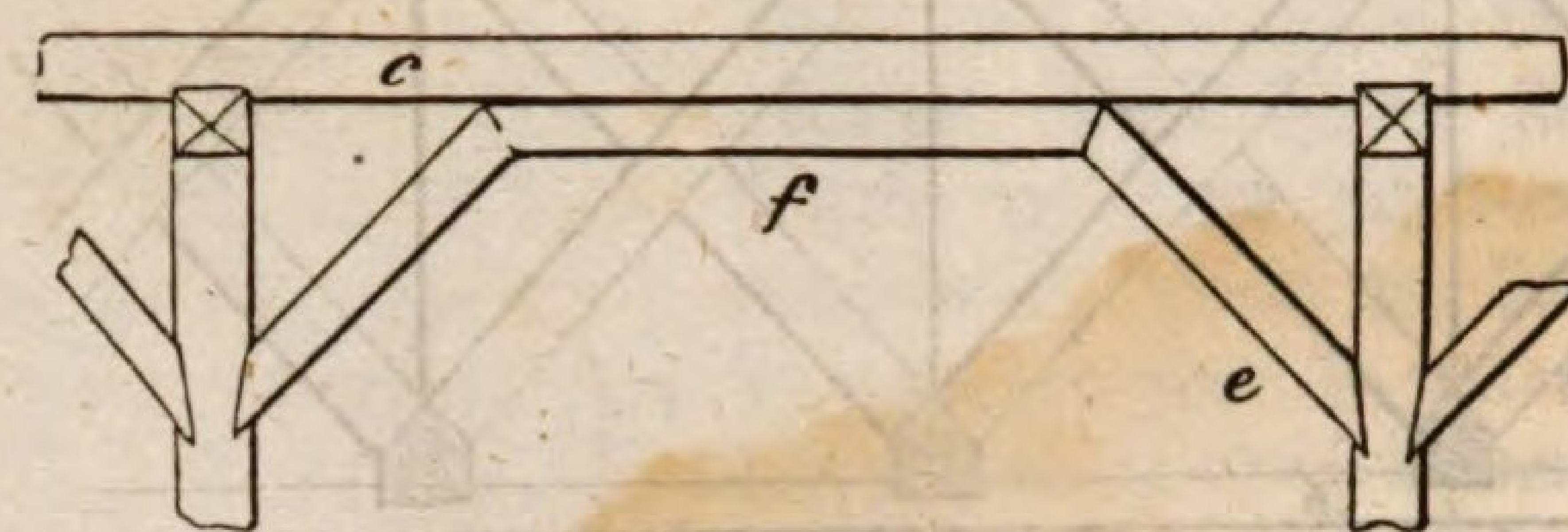
Fig. 68. *)



*) Fig. 68. Ein horizontaler Balken c durch Pfosten a, a mit Tragbalken, Sattelholz und geneigten Streben in der Spannweite vermindert.

In andern Fällen verstärkt man den mittleren Theil des Balkens durch einen Brustbalken, Spannriegel (**straining beam ; soupoûtre**), (Fig. 69), welcher durch Streben getragen wird.

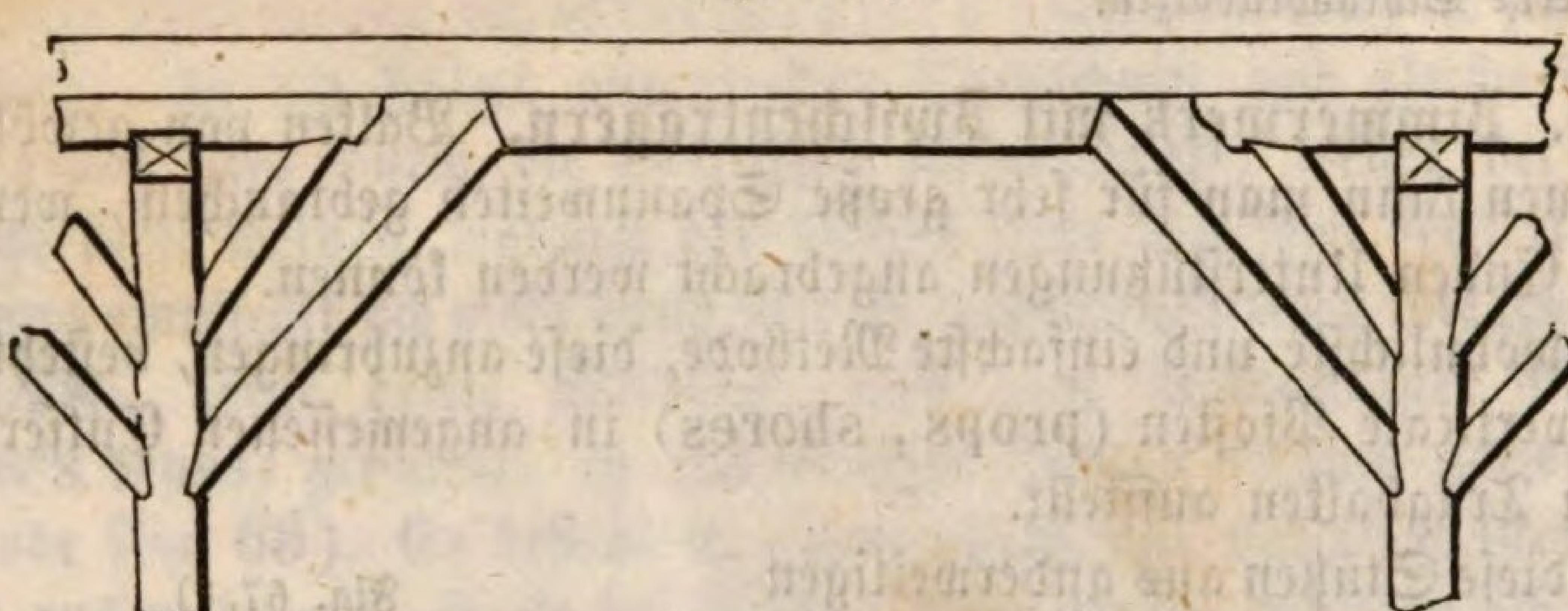
Fig. 69. *)



*) Fig. 69 stellt einen horizontalen Balken c vor, welcher durch einen Brustriegel f und geneigte Streben e verstärkt ist.

Wenn es die Spannweite verlangt, kann man auch die beiden vorhergehenden Anordnungen verbinden.

Fig. 70. *)



*) Fig. 70 zeigt eine Verbindung der beiden vorhergehenden Anordnungen.

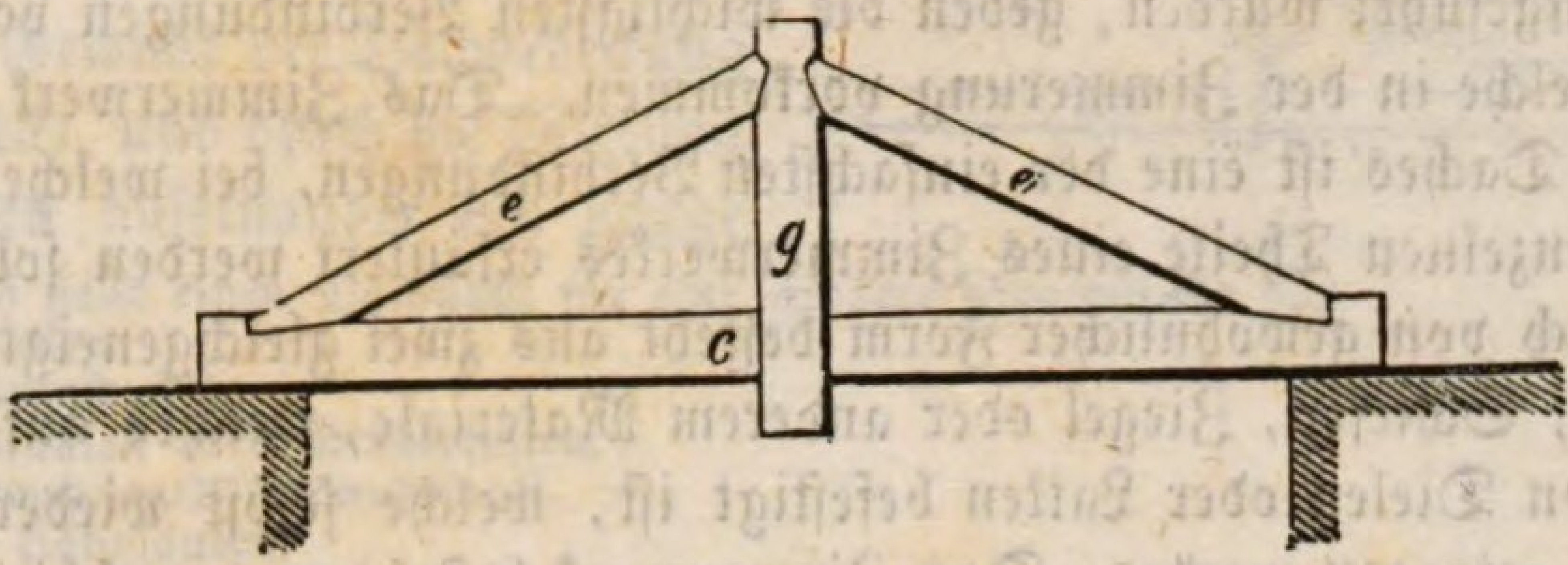
Bei allen Verbindungen mit Streben wird durch diese auf ihren Fuß ein Seitenschub hervorgebracht, welchem durch hinreichende Festigkeit des Widerlagers entgegengewirkt werden muß.

450. Kann eine mittlere Unterstützung nur von oben her angebracht werden, so muß ein Hängewerk (**suspension pieces; systême d'arbalétriers**) eingerichtet werden. Die Anordnung hängt von der Zahl der Punkte ab, welche unterstützt werden sollen.

Hat man den Balken nur in der Mitte zu unterstützen, so kann man zwei gegen einander geneigte Streben in den Enden des Balkens aufstellen und in der Spitze, in welcher diese Streben zusammentreffen, an sie eine eiserne Stange oder eine hölzerne Säule (**king post; poinçon**) aufhängen, welche die Mitte des Balkens trägt. Ist die Hängestange von Eisen, so muß sie an

einem Ende eine Schraube mit Mutter haben; wird eine Hängesäule von Holz verwendet (Fig. 71), so werden die beiden Streben in's obere Ende der

Fig. 71.*)

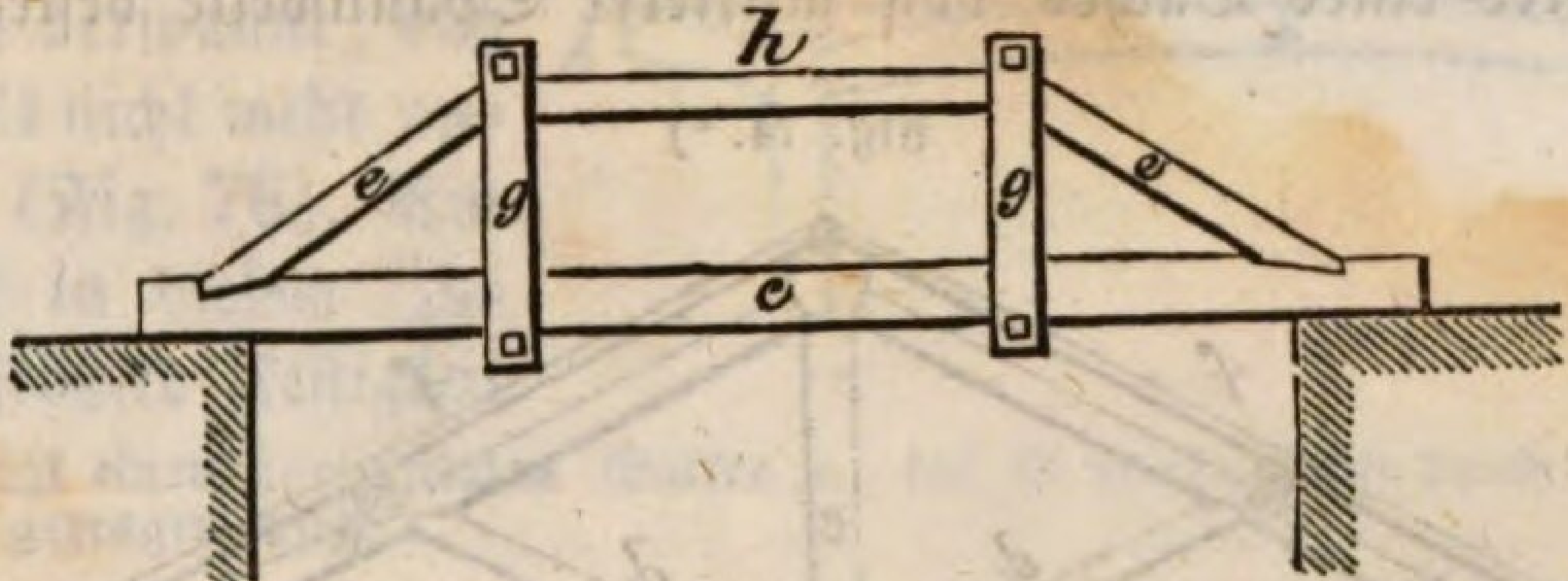


*) Fig. 71 zeigt ein einfaches Hängewerk. — c der Balken, der in seiner Mitte durch die Hängsäule g getragen wird. Diese selbst hängt in den beiden Streben e, e.

Hängsäule verzapft; das untere Ende der Hängsäule wird mit dem Balken durch einen eisernen Bügel oder durch einen Bolzen mit Schraube verbunden. Anstatt einer einzelnen Hängesäule können zwei Bäume nebeneinander gebraucht werden, welche am untern Ende den zu tragenden Baum umfassen.

Sollen zwei Punkte des Balkens getragen werden, so werden zwei Hängesäulen (queen posts; moises pendantes) angewendet, welche durch Streben

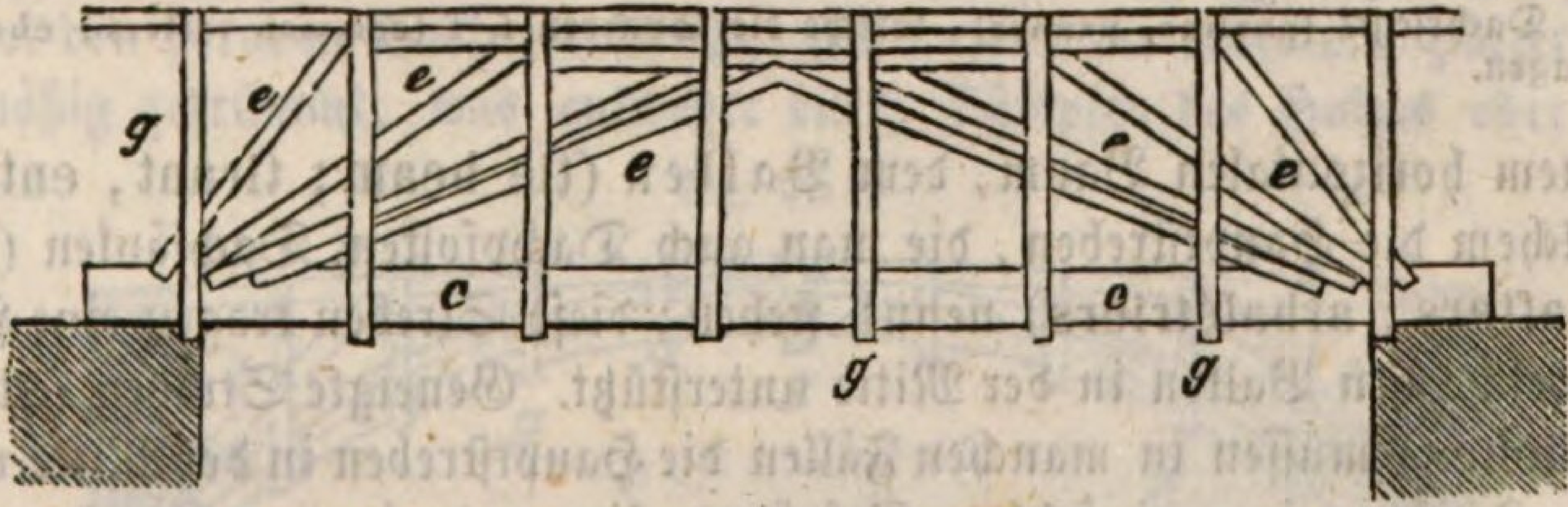
Fig. 72.*)



*) Fig. 72 zeigt einen Balken c, welcher in zwei Punkten durch Säulen g, g getragen wird, welche an den Streben e, e und dem Spannriegel h hängen.

und durch einen Spannriegel getragen werden. Die Hängesäulen können von Holz oder von Eisen seyn. Diese Verbindung (Fig. 73) kann durch hinreichende Vermehrung der Stützen und Spannbalken für sehr weite Spannweiten gebraucht werden.

Fig. 73.*)



*) Fig. 73 zeigt einen Balken c, welcher durch eine Reihe von Streben und Spannbalken mittelst Hängesäulen getragen wird.

Einige der vorstehenden Verbindungen können auch zur Unterstützung eines Balkens dienen, welcher am einen Ende fest und mit dem andern frei liegt. Dieß kann entweder durch eine Strebe unter oder durch ein Band über dem Balken geschehen. Wenn ein hölzernes Band angewandt wird, so sollte dieses

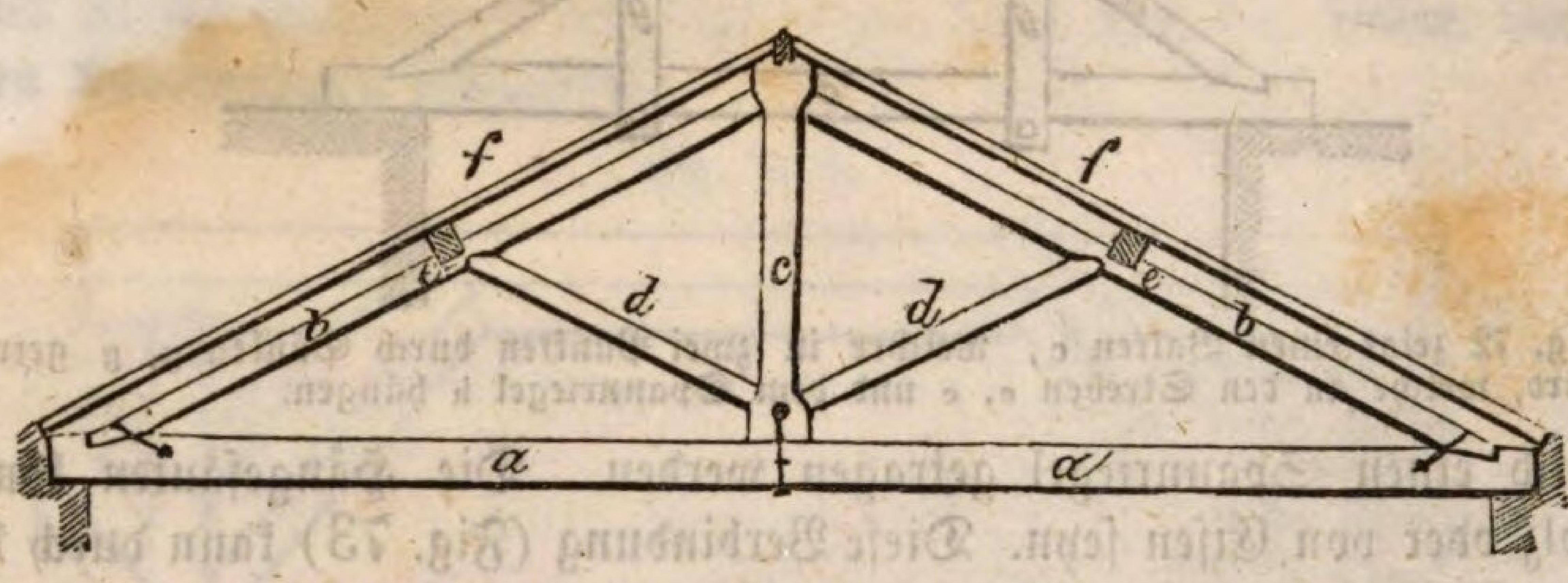
aus zwei durch Schrauben zusammengehaltenen Theilen bestehen, welche den Balken umfassen.

451. Die Beispiele, welche unter den beiden vorhergehenden Ueberschriften aufgeführt wurden, geben die wichtigsten Verbindungen von geraden Balken, welche in der Zimmerung vorkommen. Das Zimmerwerk eines gewöhnlichen Daches ist eine der einfachsten Verbindungen, bei welcher die Wirkung der einzelnen Theile eines Zimmerwerkes erläutert werden soll.

Ein Dach von gewöhnlicher Form besteht aus zwei gleichgeneigten Flächen von Metall, Schiefer, Ziegel oder anderem Materiale, welches auf eine Verschalung von Dielen oder Latten befestigt ist, welche selbst wieder von dem Dachstuhle getragen werden. Das Zimmerwerk besteht aus verschiedenen verticalen Zimmerwerken, Gespärren (**roof truss; ferme**), welche parallel zueinander in passenden Entfernungen aufgestellt sind. Auf diesen Gespärren liegen beim deutschen Dache durch Nägel befestigt horizontal entweder die Dachlatten, an welche die Ziegel angehängt werden, oder die Verschalung von Dielen bei Schiefer- und Metalldächern. Für Dächer von etwas größerer Spannweite wendet man in Deutschland gewöhnlich Dächer mit stehenden oder liegenden Stühlen und Hängesäulen an. Bei flachen Dächern werden andere Dachstühle gebraucht, von welchen das Nachstehende zwei Beispiele gibt.

Ein Gespärre eines Daches von mittlerer Spannweite besteht (Fig. 74)

Fig. 74.*)

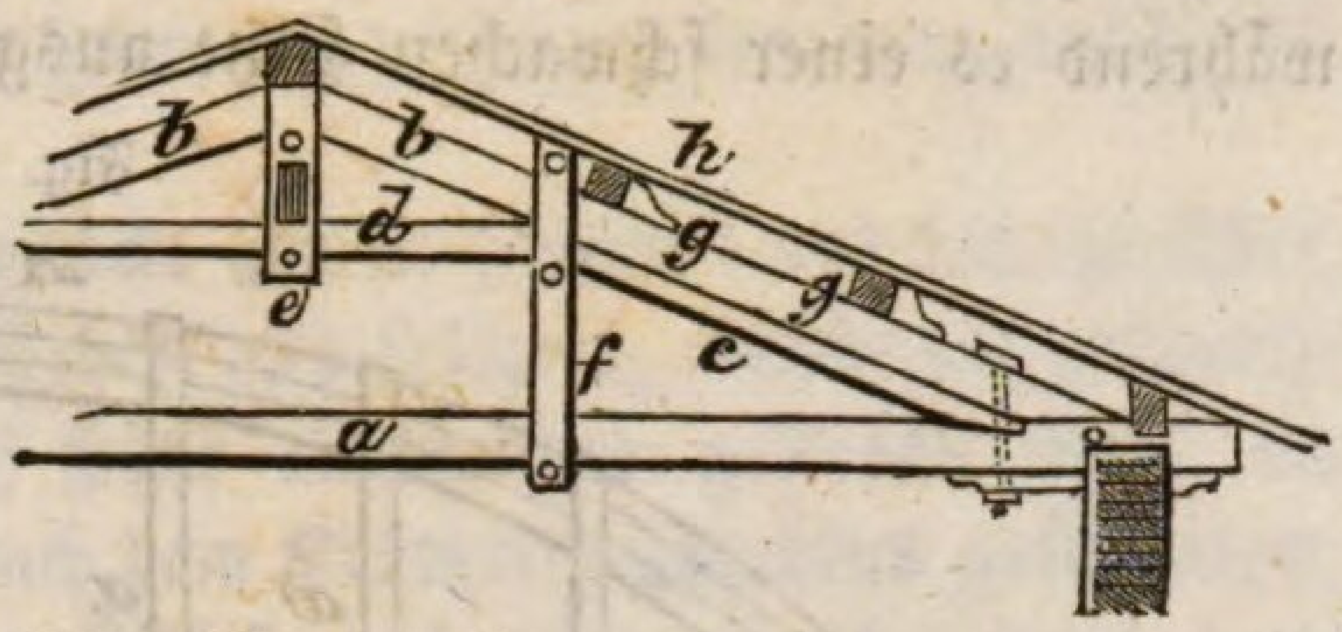


*) Fig. 74 zeigt einen Dachstuhl für mittlere Spannweiten.
a Balken.
b, b Hauptstreben, Dachpfosten, welche in den Balken und die Hängsäule c verzapft sind und an ihrem untern Ende überdieß mit einem eisernen Bande befestigt sind.
d, d Streben, Büge.
e, e Dachriegel (purlins, pannes), welche die Sparren f, f (common rafters, chevrons) tragen.

aus einem horizontalen Baum, dem Balken (**tie beam; tirant, entrait**), auf welchem die Hauptstreben, die man auch Dachpfosten, Dachsäulen (**principal rafters; arbalétriers**) nennt, stehen; diese Streben tragen eine Hängsäule, welche den Balken in der Mitte unterstützt. Geneigte Streben (**struts; contrefiches**) müssen in manchen Fällen die Hauptstreben in der Mitte unterstützen. Zwischen je zwei solchen Gespärren liegen drei oder vier leere Gespärre, welche nur aus den Sparren und dem Balken bestehen; die Sparren liegen in der Mitte auf dem Dachriegel und oben auf der von der Hängsäule getragenen Firstpfette.

Für weitere Ueberdachungen wird ein liegender Stuhl unter die Hauptstreben gelegt oder ein Sprengwerk mit mehreren Hängesäulen (Fig. 75).

Fig. 75. *)
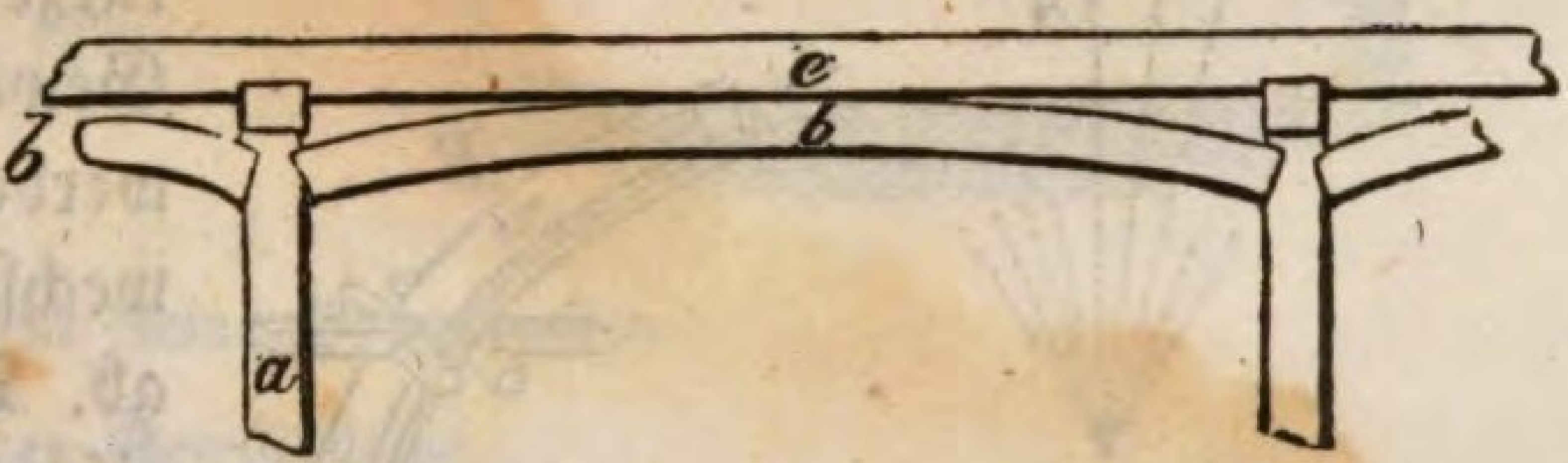


Bei jedem Dache wird das Gewicht der Dachbedeckung und des Dachstuhles von den Unterstützungswänden getragen. Die Hauptstreben werden durch das Gewicht der Dachbedeckung quer gedrückt, und durch die Wirkung der Streben aufeinander der Länge nach zusammengepreßt. Die Pressungen pflanzen sich auf den Balken fort, welcher hierdurch einem Zuge der Länge nach ausgesetzt ist. Die Büge widerstreben dem Querdrucke auf die Hauptstreben und verhindern ein Biegen der letztern. Die Hängesäulen tragen den Balken und dienen zugleich den Bügen als Unterstützungspunkte.

*) Fig. 75 stellt einen Dachstuhl für eine größere Spannweite vor.
a der Balken.
b, b Hauptstreben.
c Stuhlsäulen oder Stuhlpfosten.
d der Brustriegel, Spannriegel.
e und f Hängsäulen.
g, g Dachriegel, welche die Sparren h tragen.

452. Hölzerne Bogen. Ein hölzerner Bogen kann dadurch erhalten werden, daß man einen einzelnen Baum biegt und an seinen Enden so verspannt, daß er seine Gestalt nicht mehr annehmen kann (Fig. 76). Ein Balken bietet in diesem Zustande eine größere Festigkeit dar, als wenn er gerade ist, und kann deßhalb da mit Vortheil angewendet werden, wo große Steifheit verlangt wird und die Widerlager die hinreichende Sicherheit gegen den Seitenschub des gebogenen Balkens gewähren. Den letzten kann man dadurch umgehen, daß man die beiden Enden des gebogenen Balkens durch ein Band von Eisen oder Holz verbindet.
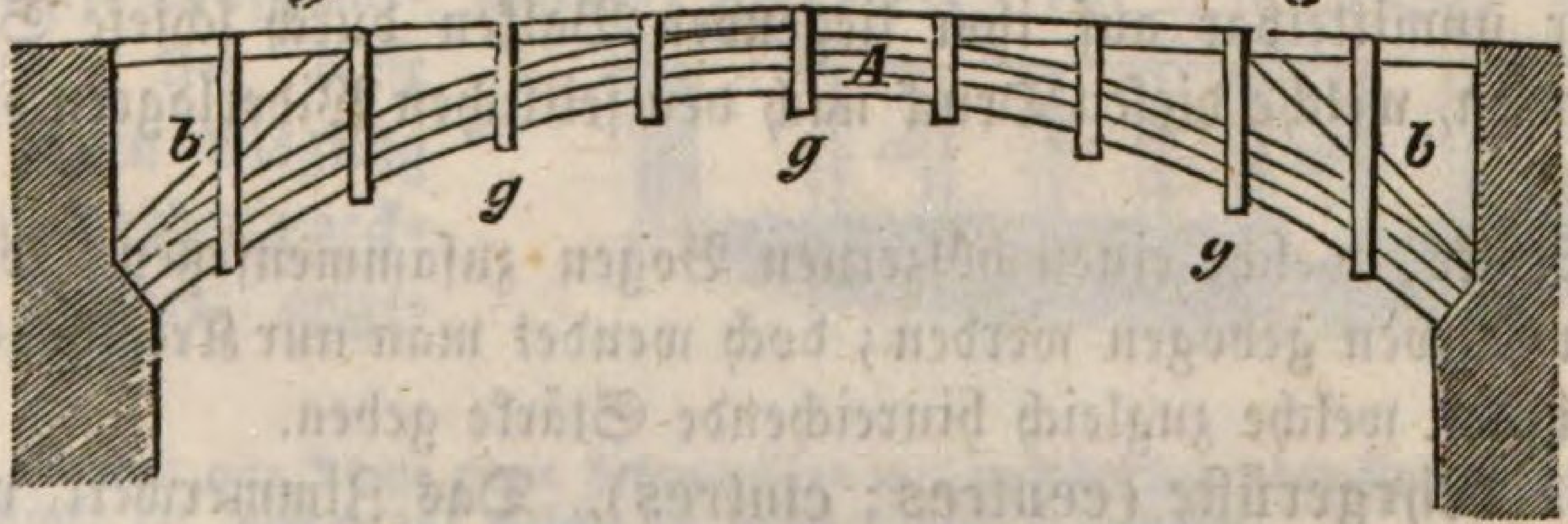
Fig. 76. *)



*) Fig. 76 zeigt einen horizontalen Balken c, der in seiner Mitte durch einen gebogenen Balken b getragen wird.

Für weite Bogen wird ein gebauter gekrümmter Balken gebraucht (Fig. 77 und 78). Die Balken werden dabei auf dieselbe Weise zusammengesetzt, wie dieß bei den geraden Balken geschieht, nur werden die einzelnen Hölzer zuvor zweckmäßig gekrümmt, was entweder durch Dämpfen des Holzes oder durch

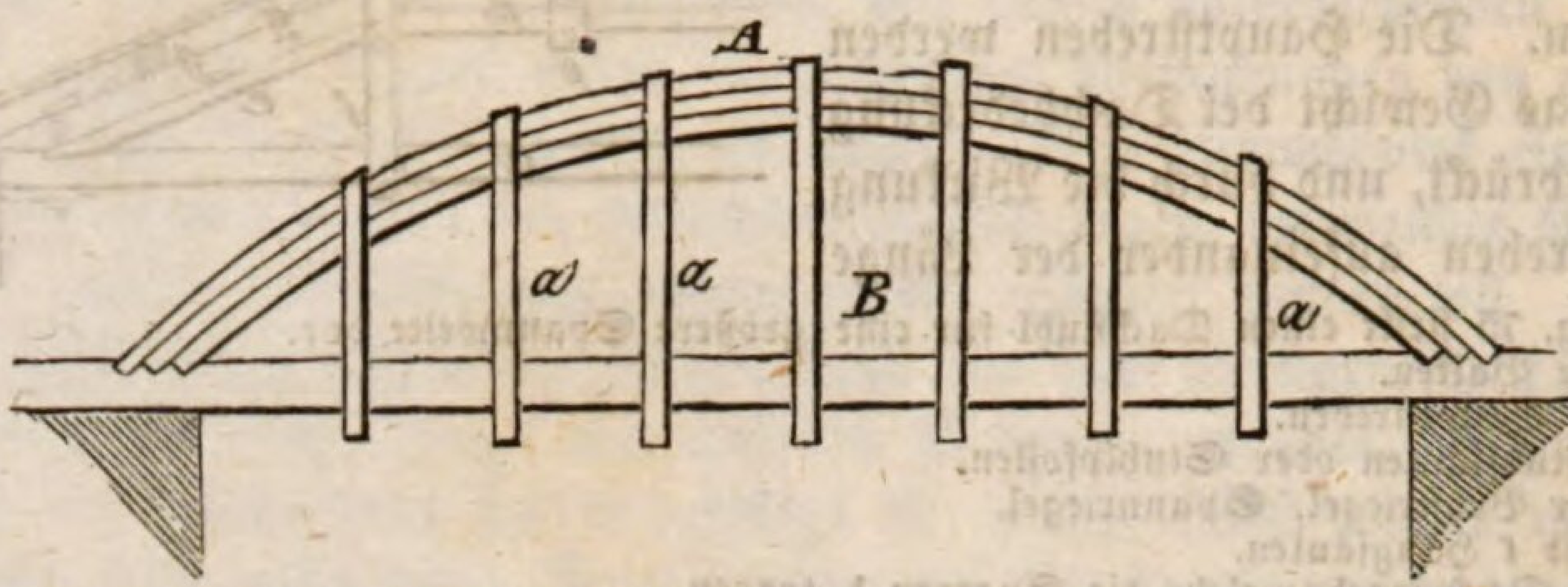
Fig. 77. *)



*) Fig. 77 zeigt einen Bogen A von Holz, der aus drei Schichten von Balken zusammengesetzt ist und die Balken e, e durch die doppelt angebrachten Pfosten g, g unterstützt.
b, b geneigte Streben.

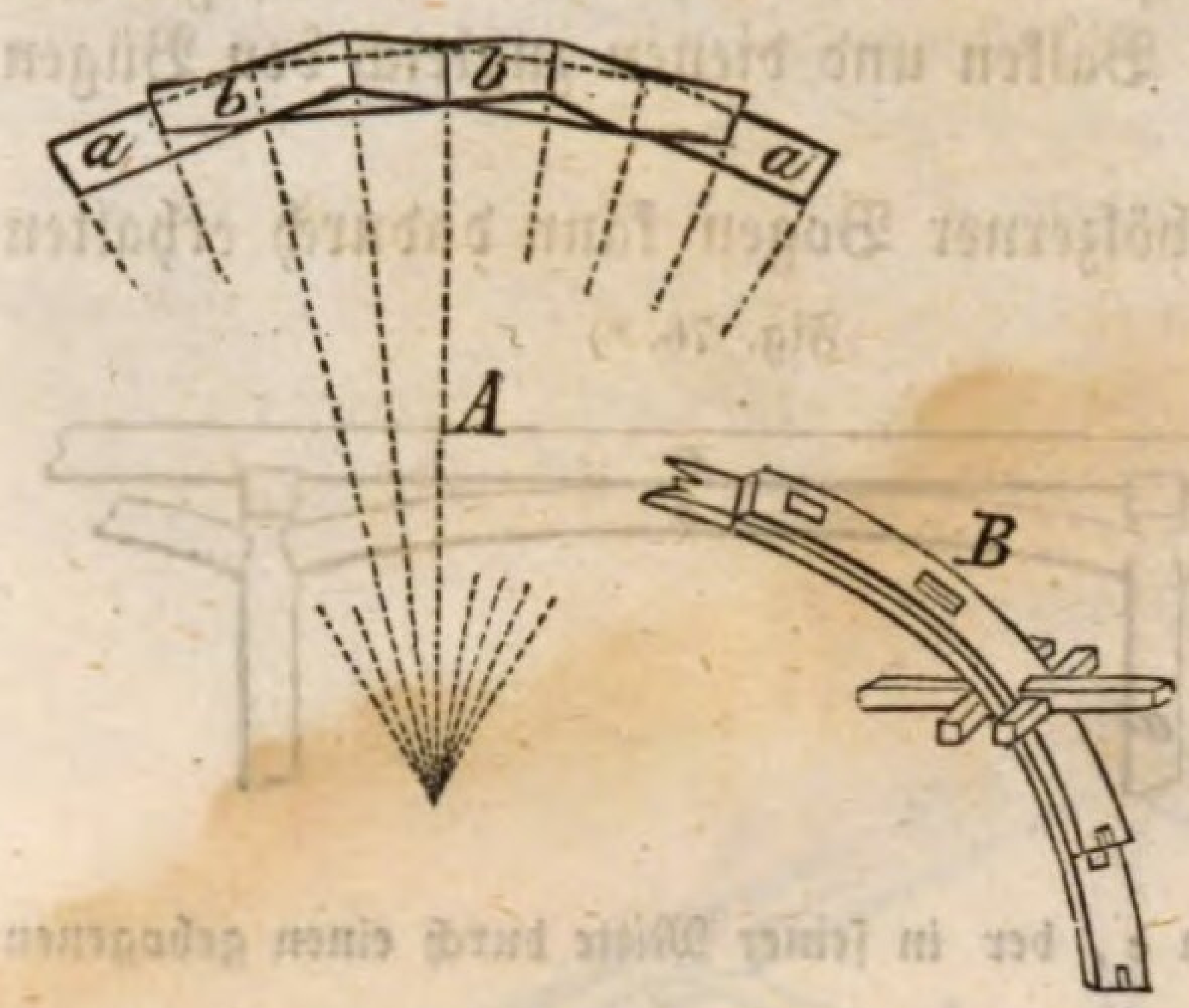
mechanische Kraft oder endlich dadurch geschieht, daß man das Holz naß macht, während es einer schwachen Hitze ausgesetzt ist.

Fig. 78.*)



*) Fig. 78 zeigt einen hölzernen Bogen **A**, welcher den horizontalen Balken **B** durch die Säulen **a**, **a** trägt. Der Bogen **A** ist an den Enden in den Balken **B** eingelassen, welch letzterer als Band auf den Bogen **A** wirkt.

Fig 79.*)



Hölzerne Bogen können auch aus verschiedenen Schichten von Bohlen in polygonaler Gestalt zusammengesetzt seyn (Fig. 79). Jede Schichte ist aus Bohlen gebildet, die in kurze Stücke zerschnitten, welche wie Gewölbsteine gegeneinander gestellt werden. Die verschiedenen Schichten wechseln in den Fugen miteinander ab. Die Schichten selbst werden durch eiserne Bolzen oder durch Keile zusammengehalten. Diese Methode ist für alles leichte Zimmerwerk, wo die Pressung nicht groß ist, sehr brauchbar.

*) Fig. 79 zeigt einen Aufriß **A** eines Bohlenbogens, aus kurzen Stücken **a**, **b**, welche Hirn auf Hirn aneinander gereiht sind.
B zeigt eine perspektivische Ansicht, worin man sieht, wie die Bohlen gegeneinander gekeilt sind.

Hölzerne Bogen werden häufig bei Brücken und bei Bedachungen gebraucht. Sie dienen als mittlere Stützpunkte für die Balken der Bahn im einen Fall oder der Dachbedeckung im andern. Bei Brücken kann die Fahrbahn über oder unter dem Bogen liegen; in jedem Falle werden die horizontalen Balken durch Pfosten oder Bolzen mit dem Bogen verbunden.

453. Die schwächste Stelle eines hölzernen Bogens liegt zwischen dem Scheitel und dem Anfange des Bogens; dieser Theil sollte deßhalb gegen den Druck der unmittelbar auf ihm liegenden Balken durch schiefe Streben geschützt werden, welche diesen Druck nach den seitlichen Widerlagern des Bogens hinführen.

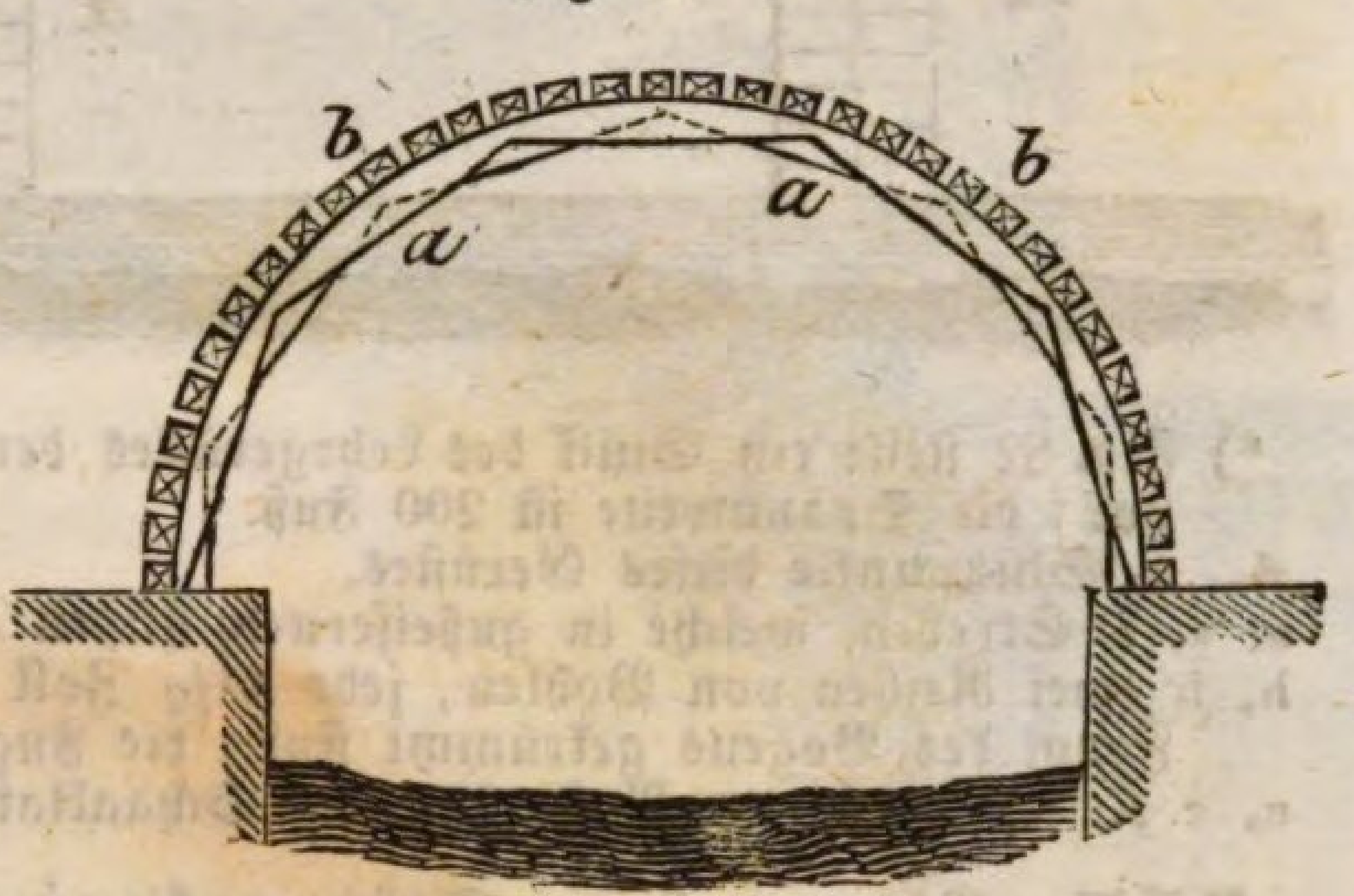
Die Stücke, welche einen hölzernen Bogen zusammensetzen, können nach beliebigen Curven gebogen werden; doch wendet man nur Kreisbogen an, als die einfachsten, welche zugleich hinreichende Stärke geben.

454. Lehrgerüste (**centres; cintres**). Das Zimmerwerk, welches die Gewölbsteine während des Baues eines Gewölbes tragen, heißt ein Lehrgerüst. Ein solches besteht (Fig. 80, 81, 82 u. 83) wie ein Dach aus mehreren

verticalen Rippen (**trusses, ribs; fermes**), auf welche horizontale Riegel, Schaallatten (**bolsters; couchis**) genannt, zu liegen kommen, welche die Gewölbsteine tragen.

Die gekrümmten Bogenstücke, Kranzstücke (**back pieces**) des Lehrgerüstes, auf welchen die Schaallatten liegen, bestehen aus Hölzern, welche die geeignete Gestalt erhalten haben und Hirn auf Hirn aneinander gestoßen sind; die Fugen in welchen dieß geschieht, sind nach dem Krümmungsradius geschnitten; sie sind überdieß gewöhnlich durch kurze Stücke gehalten, welche unter denselben angebracht und mit den Bogenstücken durch Klammern oder Bolzen verbunden sind. Diese Kniestücke werden durch Streben von festen Punkten aus gehalten. Die Streben selbst müssen zuweilen gegen das Biegen durch Bänder gesichert werden, welche man paarweise anwendet, so daß die Streben zwischen je zwei Bänder zu liegen kommen, mit welchen sie schwalbenschwanzartig verplattet sind; eiserne Bolzen halten das Ganze zusammen.

Fig. 80. *)



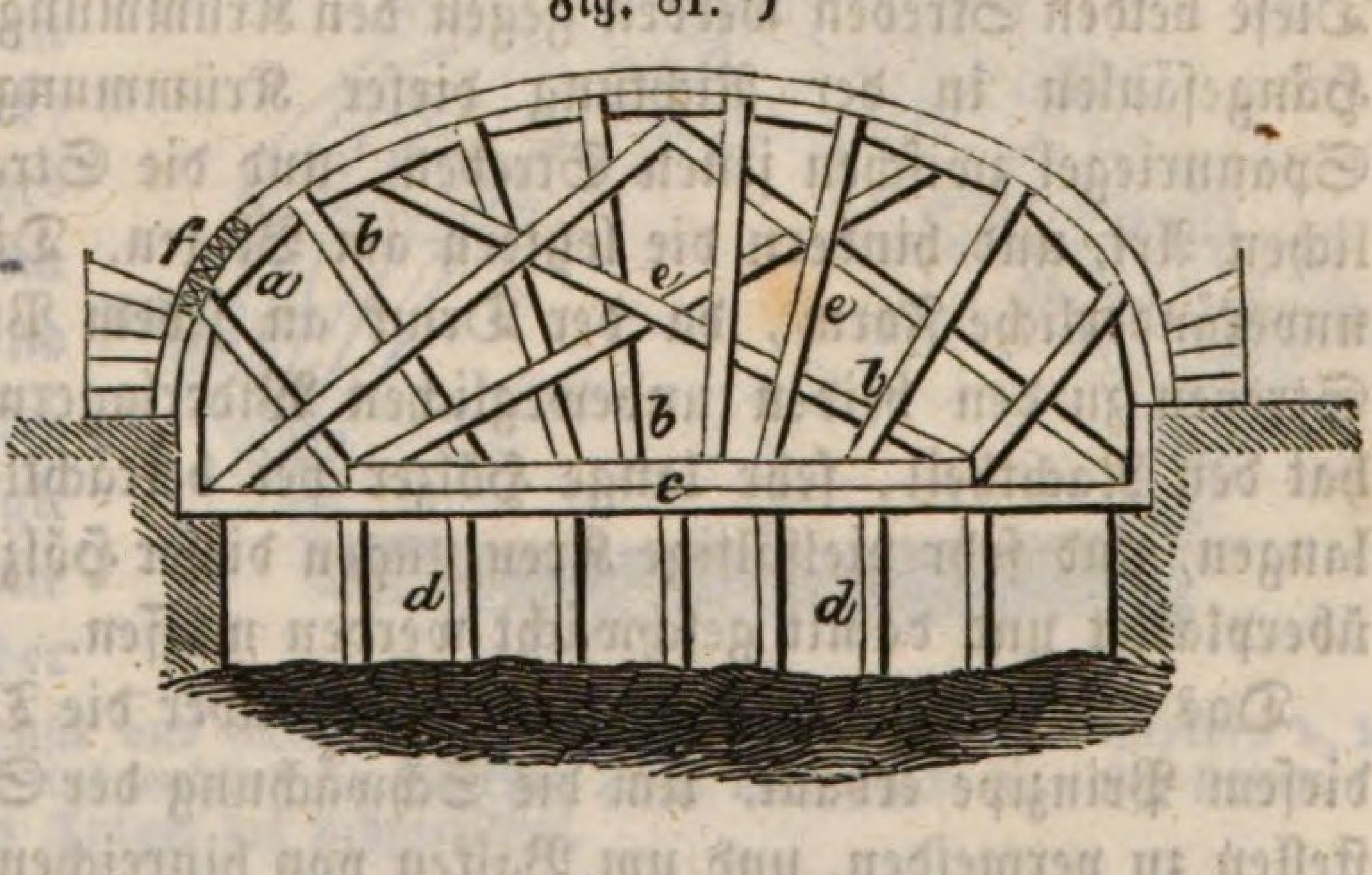
Die Verbindungen des Holzes zu einem Lehrgerüste sind verschieden nach der Lage der Stützpunkte und der Größe des Bogens.

*) Fig. 80 zeigt einen Lehrbogen für kleine Spannweiten.
a, a Rippe, wie in Fig. 79 gebildet.
b, b Verschaalung zur Aufnahme der Gewölbsteine.

455. Für kleine und leichte Bogen können die Rippen aus zwei oder mehr Lagen von kurzen Bohlen, die fest aufeinander genagelt sind, bestehen. Diese Rippen werden nach der Form der innern Wölblinie geschnitten und die Schaallatten, welche hier dünne Latten sind, darauf genagelt (Fig. 80).

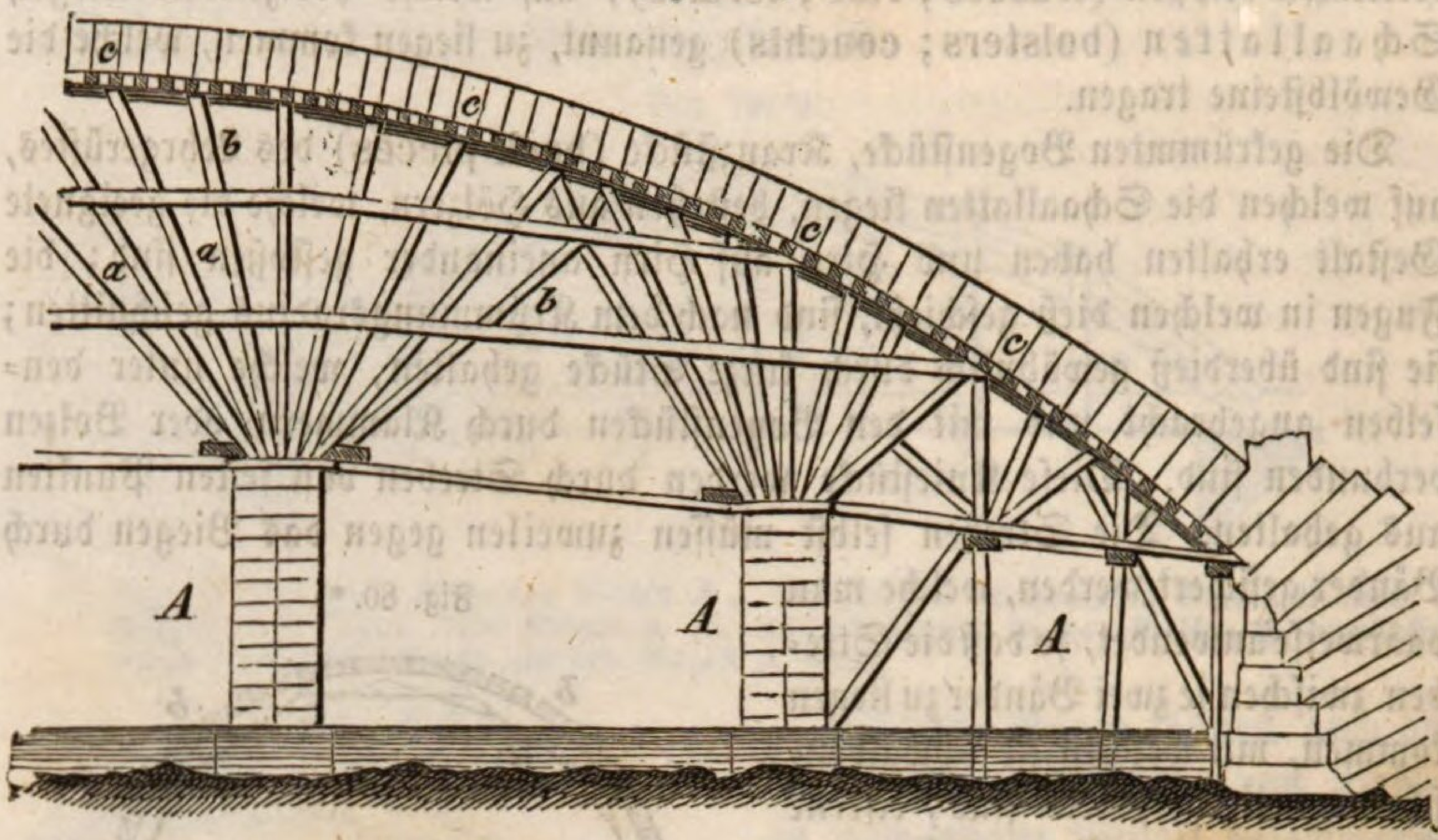
456. Für schwere Bogen mit großer Spannweite, bei welchen feste Unterlagen innerhalb der Spannweite zu erhalten sind, kann der Bogen durch Streben in der Richtung der Krümmungshalbmesser getragen werden (Fig. 81), oder durch anders geneigte Streben (s. umstehende Fig. 82), welche auf den festen Stützpunkten ruhen. Um diese Streben gegen Biegung zu schützen, werden zweckmäßige Bänder angebracht.

Fig. 81. *)



*) Fig 81 zeigt eine Rippe eines Lehrgerüstes mit zwischenliegenden Unterstützungspunkten.
a Bogenstücke der Rippe, auf welche die Schaallatten f kommen.
b, b Streben, welche Bogenstücke tragen.
e, e Bänder.
c Balken, welcher auf den Pfählen d, d ruht und auf welchem die Streben b, b ruhen.

Fig. 82. *)



*) Fig. 82 stellt ein Stück des Lehrgerüstes der Grosvenor-Brücke über den Dee bei Chester vor; die Spannweite ist 200 Fuß.

A, A Stützpunkte dieses Gerüstes.

a, a, a Streben, welche in gußeisernen Füßen auf den Pfeilern A, A ruhen.

b, b zwei Reihen von Bohlen, jede $4\frac{1}{2}$ Zoll dick, welche über die Streben a, a nach der Form des Bogens gekrümmt sind; die Fugen wechseln in beiden Schichten.

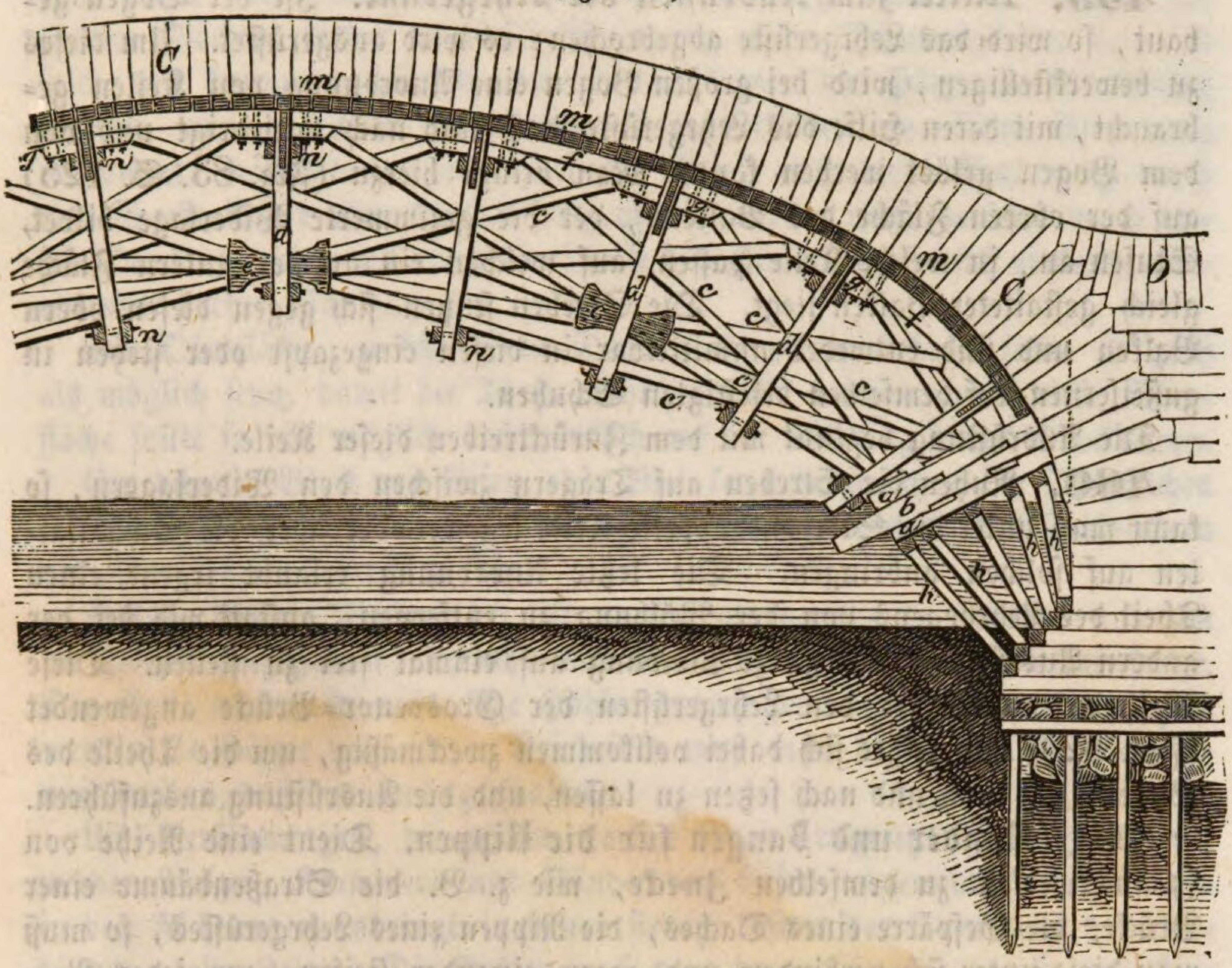
c, c Keile, welche zur Aufnahme der Schaallatten auf den Kranzstücken b jeder Rippe liegen.

457. Können keine Stützpunkte innerhalb der Spannweite angebracht werden, so muß an jedem Widerlager eine breite hölzerne Stütze errichtet werden, auf welcher die Enden der Streben der Kranzstücke ruhen. Diese gezimmerte Stütze (Fig. 83) besteht aus einem horizontalen oder geneigten starken Baume, und ist dort angebracht, wo die Gewölbsteine anfangen über-einander zu gleiten, was ungefähr bei 30° Neigung gegen den Horizont anfängt. Dieser Balken wird durch Pfosten, welche auf den Vorsprüngen des Fundamentes stehen, getragen.

Die Kranzstücke des Lehrgerüstes können durch je zwei Streben, die unmittelbar von den beiden hölzernen Widerlagern ausgehen, gestützt werden. Diese beiden Streben werden gegen den Krümmungshalbmesser gleich geneigt. Hängesäulen in der Richtung dieser Krümmungshalbmesser umfassen die Spannriegel zwischen jenen Streben, und die Streben selbst in der gewöhnlichen Art, und hindern die letztern am Biegen. Diese Verbindung bietet eine unveränderliche Form, da der Druck an jedem Punkte unmittelbar von den Streben zu den beiden unbeweglichen Widerlagern fortgepflanzt wird. Sie hat den Nachtheil, sehr lange Hölzer bei beträchtlicher Spannweite zu verlangen, und sehr vielfältige Kreuzungen dieser Hölzer zu veranlassen, wo diese überplattet und damit geschwächt werden müssen.

Das Lehrgerüste der Waterloo-Brücke über die Themse (Fig. 83) war nach diesem Prinzipe erbaut. Um die Schwächung der Streben an den Kreuzungsstellen zu vermeiden, und um Balken von hinreichender Länge zu erhalten, wo Streben aus einem Baume nicht hinreichten, brachte man gußeiserne Füße an, welche die Enden der Streben an den Kreuzungsstellen aufnahmen; diese gußeisernen Füße wurden von den Hängesäulen getragen.

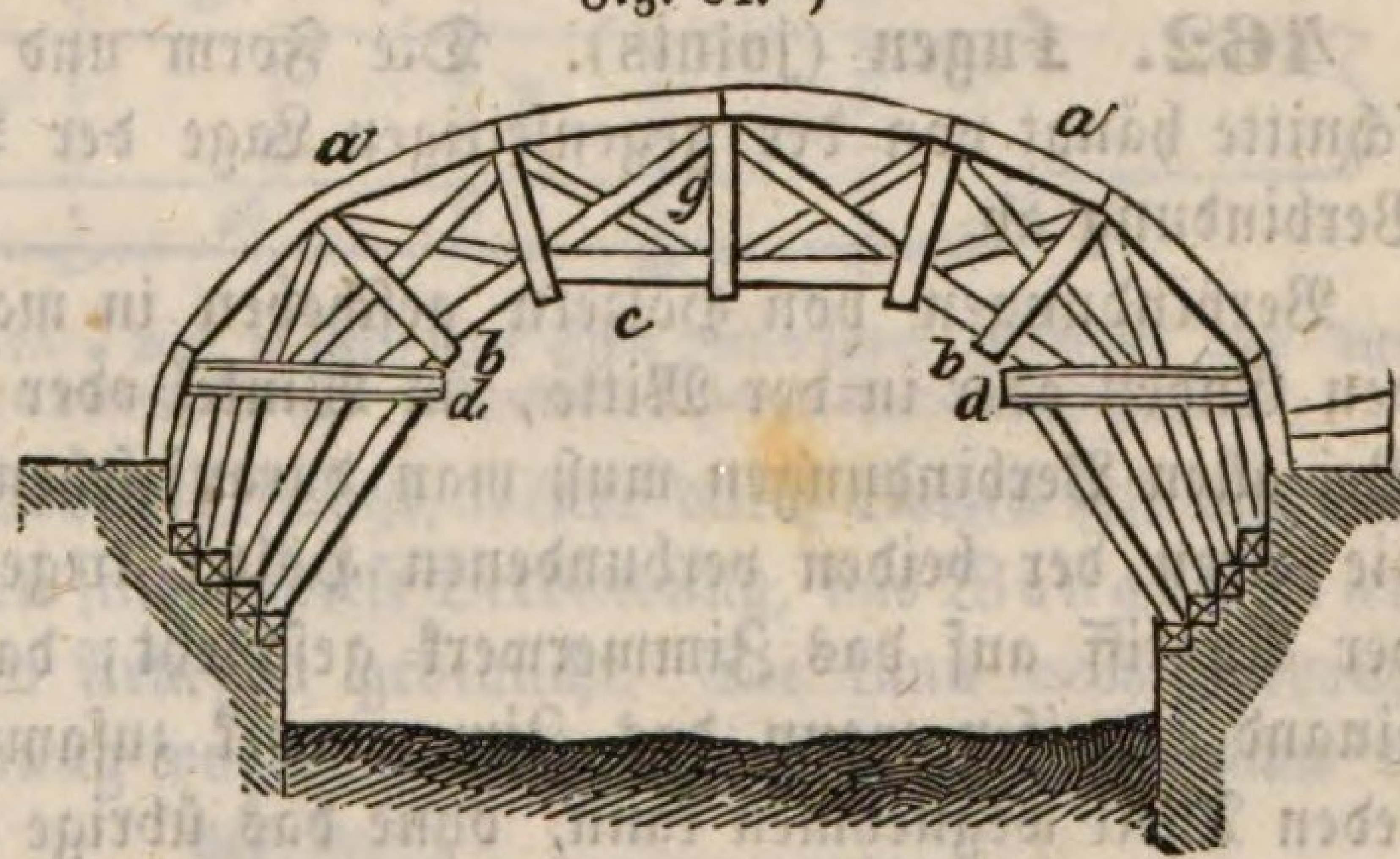
Fig. 83. *)



*) Fig. 83 zeigt einen Theil des Lehrgerüstes der Waterloo-Brücke über die Themse.
a, a und b sind drei starke Balken, welche die Ausrüstplatten (striking plates) bilden, und welche mit den Streben h, h das gezimmerte Widerlager für die Streben des Lehrgerüstes bilden.
c, c Streben, welche gegen die Spannriegel g, g unter den Fugen der Kranzstücke sich endigen.
d, d Hängesäulen, welche paarweise diese Streben umfassen und oben und unten die horizontalen Schwellen n, n tragen.
e, e gußeiserne Füße.
m, m Schaallatten auf den Kranzstücken f.

458. Kann die vorhergehende Verbindung nicht gebraucht werden, so kann man ein Sprengwerk (Fig. 84) anbringen, das aus zwei geneigten Streben und einem Spannriegel besteht, und welches einen Theil der Streben des Lehrbogens trägt. Diese Verbindung und alle ähnlichen verlangen, daß der

Fig. 84. *)



*) Fig. 84 zeigt ein Lehrgerüste aus einem Sprengwerke von zwei geneigten Streben b, b und dem Spannriegel c, auf welches die Streben g der Kranzstücke a, a sich stützen. e und d sind die gezimmerten Träger des Lehrgerüstes.

Bogen von einer Seite her nicht schneller als von der andern gebaut werde, weil jeder ungleiche Druck auf die beiden Hälften des Lehrgerüstes dieses verschiebt und ihm eine andere Form gibt.

459. Mittel zum Ausrüsten der Lehrgerüste. Ist der Bogen gebaut, so wird das Lehrgerüste abgebrochen: es wird ausgerüstet. Um dieses zu bewerkstelligen, wird bei großen Bogen eine Anordnung von Keilen gebraucht, mit deren Hilfe das Lehrgerüste nach und nach erniedrigt und von dem Bogen gelöst werden kann. Man bringt hierzu (Fig. 83. S. 125) auf der oberen Fläche des Balkens, der die gezimmerte Widerlage bildet, Stufen an, in welche Keile passen, auf welchen ein an der untern Fläche gleich gestalteter Balken liegt. Die Streben stützen sich gegen diesen obern Balken und sind entweder unmittelbar in diesen eingezapft oder stehen in gußeisernen auf demselben befestigten Schuhen.

Die Ausrüstung beginnt mit dem Zurücktreiben dieser Keile.

460. Ruhen die Streben auf Trägern zwischen den Widerlagern, so kann man unter die Streben doppelte Keile legen, oder aber die Schaallatten auf solchen anbringen. Die letzte Anordnung erlaubt irgend einen Theil des Lehrbogens von der Wölbung zu entfernen, anstatt wie bei der andern Ausrüstung die ganze Wölbung auf einmal frei zu stellen. Diese Methode wurde bei den Lehrgerüsten der Grosvenor=Brücke angewendet (Fig. 82), und zeigte sich dabei vollkommen zweckmäßig, um die Theile des Bogens sich nach und nach setzen zu lassen, und die Ausrüstung auszuführen.

461. Bänder und Zangen für die Rippen. Dient eine Reihe von Zimmerwerken zu demselben Zwecke, wie z. B. die Straßenbäume einer Brücke, die Gespärre eines Daches, die Rippen eines Lehrgerüstes, so muß man diese unter sich verbinden und gegen einander steifen, um jedes Verschieben und seitliche Biegen zu verhindern. Hierzu werden Hölzer in horizontaler Lage angebracht, welche mit jedem der Zimmerwerke verkämmt sind, und so das ganze zusammenhalten; während andere in diagonaler Richtung zwischen jedem Paare der Zimmerwerke liegen und jedes Verschieben verhindern. Beide, die Bänder und diagonalen Zangen, sind entweder einzelne Balken oder sie sind paarweise angebracht, und schießen die Theile der zu verbindenden Zimmerwerke zwischen sich ein.

462. Fugen (joints). Die Form und die Anordnung der Fugenschnitte hängt von der gegenseitigen Lage der Balken und dem Zwecke der Verbindung ab.

Verbindungen von Hölzern geschehen in mancherlei Weise, entweder an den Enden oder in der Mitte, im Winkel oder nach der Länge der Hölzer. Bei allen Verbindungen muß man darauf sehen, daß die Ebene in welcher die Axen der beiden verbundenen Hölzer liegen, die Ebene ist, in welcher der Angriff auf das Zimmerwerk geschieht; daß ferner die Theile alle ineinander greifen wenn das Zimmerwerk zusammengesetzt ist, und daß man jeden Theil wegnehmen kann, ohne das übrige aus der Verbindung zu bringen. Die einfachsten Formen, mit welchen man den Zweck erreicht, sind gewöhnlich die besten, da sie ein besseres Ineinanderpassen der Theile erleichtern.

Beim Zurichten der Fugenschnitte muß man dem Setzen, rühre dieses vom Schwinden des Holzes oder vom Nachgeben desselben gegen Druck her, Rechnung tragen. Dieß geschieht dadurch, daß man beim Aufschlagen des Zimmerwerks in den Fugen soviel Spielraum läßt, daß diese sich erst schlie=

ßen, wenn das Zimmerwerk vollständig in Ruhe gekommen ist. Fugen mit ebenen Flächen bieten in dieser Beziehung mehr Schwierigkeiten dar, als solche mit krummen Flächen, da bei den letzten die Hölzer in Berührung bleiben, auch wenn in der relativen Lage derselben eine kleine Aenderung vorkommt, während bei den ersten der Druck nach dieser Aenderung durch eine scharfe Kante oder ein Eck fortgepflanzt werden muß, welches durch diesen Druck abbricht, wo dann die Theile des Zimmerwerkes sich vielleicht miteinander drehen können.

Die Oberfläche, welche einen Druck fortzupflanzen hat, sollte so groß als möglich seyn, damit die Theile nicht zerdrückt werden; und diese Oberfläche sollte so viel möglich rechtwinklich auf der Richtung dieses Drucks seyn.

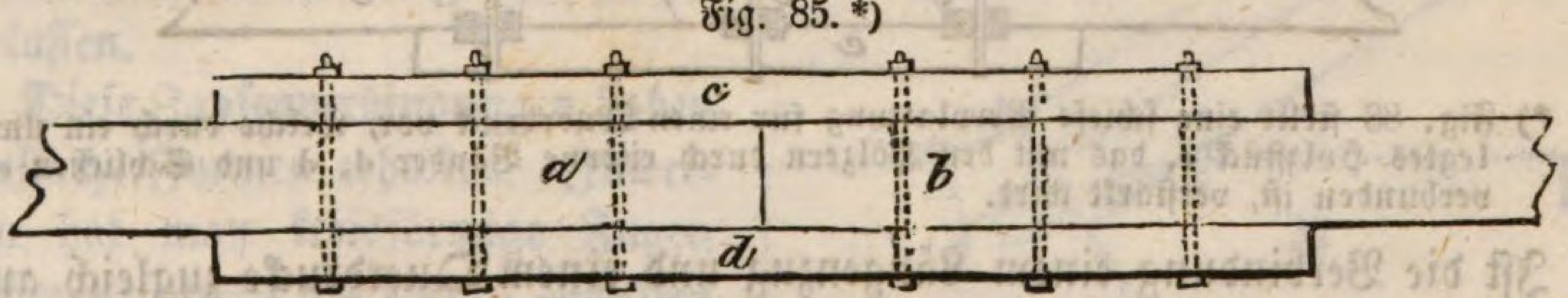
Ein dünnes Blatt von Eisen oder Blei kann da zwischen die Oberflächen der Verbindung gelegt werden, wo die Größe des Drucks das Zersplittern des einen Theils befürchten läßt.

463. Um die Flächen der Fugen fest aneinander zu bringen und um die Hölzer festzuhalten, braucht man Keile und Nägel von hartem Holze. Die Keile werden in rechteckige Höhlungen eingetrieben; zu den Holznägeln werden die Hölzer verbohrt. Bei beiden muß man das Antreiben nicht soweit treiben, daß das Holz zerspaltet.

Um Verbindungen, die einem starken Zuge ausgesetzt sind, zu sichern, werden Bolzen, Klammern und Bänder von Eisen angewendet, welche man in den Richtungen anbringt in denen sie am besten der Trennung der Verbindung widerstehen. Die Bolzen muß man da anbringen, wo sie die Verbindung am wenigsten schwächen.

464. Holzverbindungen nach der Länge. Liegen die zu verbindenden Hölzer in einer Linie, so hängt die Art der Verbindung von der Richtung des Druckes ab. Geht dieser auf Zusammendrücken, so werden die Hölzer Hirn auf Hirn gestellt (Fig. 85), und gegen das Abgleiten nach

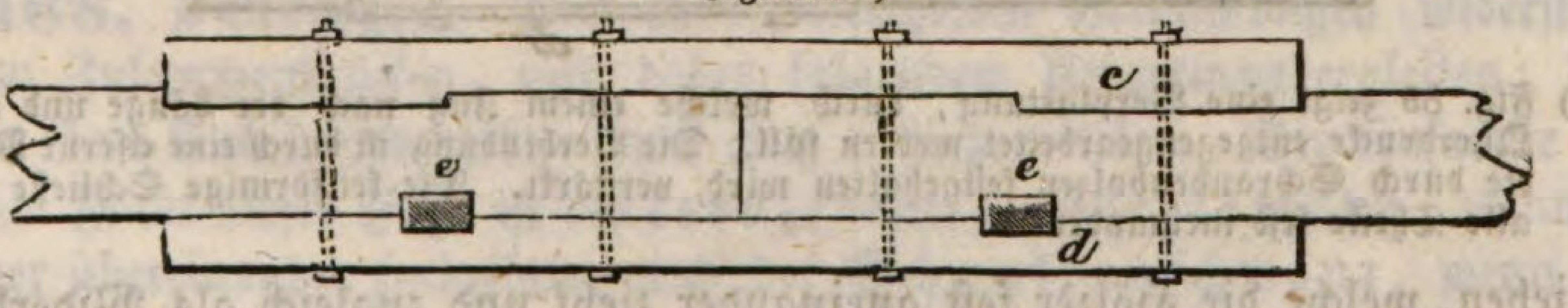
Fig. 85. *)



*) Fig. 85 zeigt wie zwei Balken a und b Hirn auf Hirn aneinander geschiftet und durch Seitenstücke c und d, welche durch Bolzen festgehalten werden, verbunden sind.

der Seite durch vier kurze Stücke geschützt, welche durch Bolzen fest unter sich und mit den Balken verbunden sind. Diese Verbindung, das Wangen eines Holzes wird nur bei rohen Arbeiten gebraucht. Sie kann auch gebraucht werden, wenn nur Ausdehnung vorkommt; in diesem Falle kann man die

Fig. 86. *)
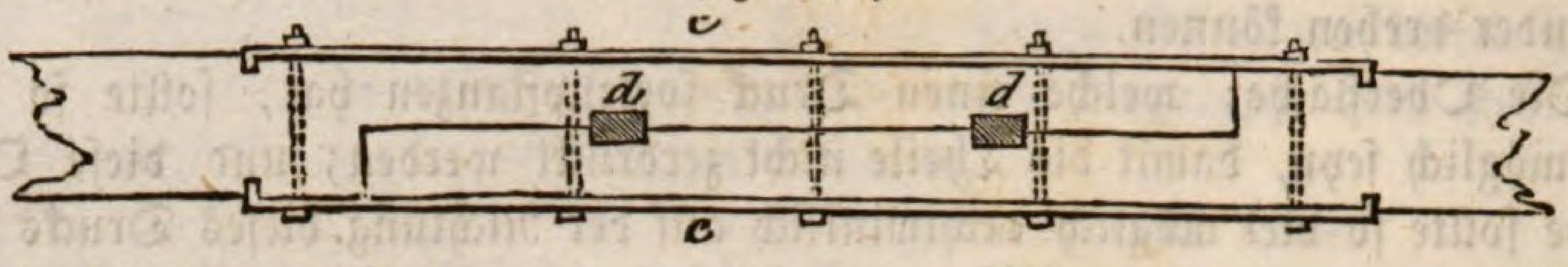


*) Fig. 86 stellt ein gewangtes Holz dar, bei welchem die Wangen c und d entweder mit dem Holze verplattet oder durch Schließen e, e verbunden sind.

kurzen Stücke verplatten (Fig. 86), oder durch Schließen von hartem Holze, welche in schwalbenschwanzartigen Vertiefungen in die Balken und die kurzen Stücke eingreifen.

Die Verscherbung, Verplattung kann für jeden der beiden obengenannten Zwecke gebraucht werden. Man nimmt hierzu an den zusammenstoßenden Enden von jedem Holze die Hälfte weg (Fig. 87), und legt die

Fig. 87. *)

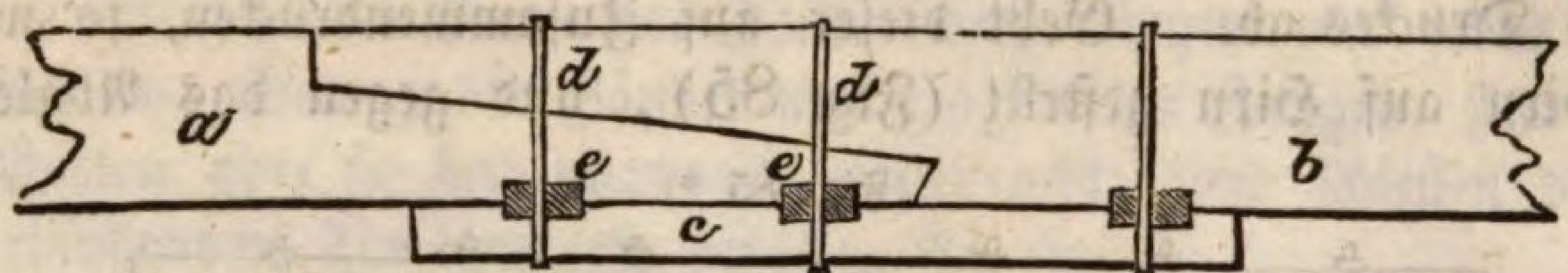


*) Fig. 87 zeigt eine Verplattung, welche durch eiserne Platten c, c, Schließen d, d und Bolzen verstärkt ist.

Hölzer mit den bleibenden Hälften aufeinander und treibt endlich das Ganze durch Bolzen und Bänder aneinander; oder man läßt jedes Holz am Ende in einen dreieckigen Einschnitt des andern passen, und hält dieß durch eiserne Klammern zusammen. Diese letzte Methode wird besonders bei rundem Holze angewendet.

465. Sind der Länge nach zusammengestoßene Hölzer einem Querdrucke ausgesetzt, so wird gewöhnlich eine Verplattung gebraucht und die Verbindung durch eine untergelegte eiserne Platte verstärkt, welche durch Bolzen an die Hölzer gepreßt wird. Die Verplattung ist hierbei gewöhnlich und besser eine schiefe, bei welcher der Fugenschnitt zuerst rechtwinklig auf die Oberfläche bis zu $^1/_3$ der Tiefe eingeht, dann schief abwärts bis zu $^2/_3$ und endlich rechtwinklig auf diesen Schnitt bis durch das Holz (Fig. 88).

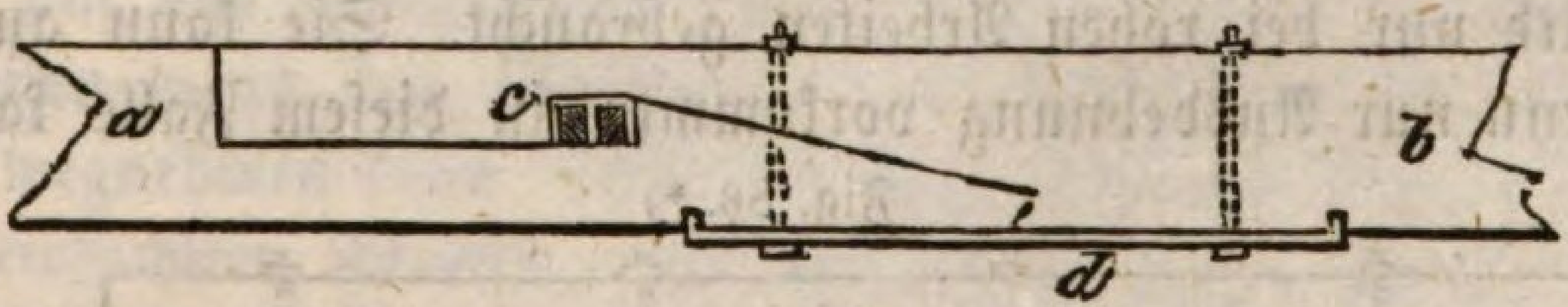
Fig. 88. *)



*) Fig. 88 stellt eine schiefe Verplattung für einen Querdruck vor, welche durch ein untergelegtes Holzstück c, das mit den Hölzern durch eiserne Bänder d, d und Schließen e, e verbunden ist, verstärkt wird.

Ist die Verbindung einem Längenzug und einem Querdrucke zugleich ausgesetzt, so muß die Verplattung passend darnach abgeändert werden. Die eine in Fig. 89 dargestellte Verplattung ist eine der gebräuchlichsten und passendsten. Eine keilförmige Schließe von hartem Holze ist in eine Vertiefung ein-

Fig. 89. *)



*) Fig. 89 zeigt eine Verplattung, durch welche einem Zug nach der Länge und einem Querdrucke entgegengearbeitet werden soll. Die Verbindung ist durch eine eiserne Platte, die durch Schraubenbolzen festgehalten wird, verstärkt. Die keilförmige Schließe preßt alle Theile fest ineinander.

getrieben, welche die Hölzer fest aneinander zieht und zugleich als Widerlager gegen das Auseinanderziehen dient. Bei dieser Verbindung werden die Theile,

welche an die Schließe stoßen, zusammengedrückt, während die unmittelbar über oder unter der Schließe liegenden Theile ausgedehnt sind. Diese Theile müssen gleiche Stärke und also einen gleichen Querschnitt haben. Die Länge der Verplattung muß nach dem Widerstande bemessen werden, mit welchem das Holz dem Zerspalten widersteht, verglichen mit seinem Widerstande gegen Ausdehnung und Zusammendrückung.

466. Stoßen die Hölzer unter einem Winkel zusammen, so können sie an den Enden entweder verplattet oder verscheert werden. Im ersten Falle wird von jedem Holze an der Verbindungsstelle die Hälfte weggeschnitten und die bleibenden Hälften aufeinander gelegt; im zweiten wird an das eine Ende ein Zapfen angeschnitten, für welchen am andern Holze ein entsprechender Einschnitt ausgearbeitet wird.

467. Verbindungen des Endes des einen Holzes mit der Seite des andern. Hier gebraucht man das Einzapfen. Die Form der Zapfen hängt von dem Winkel ab, in welcher die Hölzer zusammenstoßen. Ist dieser Winkel ein rechter, so steht der Zapfen in der Verlängerung des Holzes, an dessen Ende er angeschnitten wird (Fig. 90). Bei schief verbundenen Hölzern (Fig. 91) wird gewöhnlich das Ende des auf dem andern sitzenden Holzes nach zwei unter rechten Winkeln zusammenstoßenden Linien abgeschnitten und daran noch ein kleiner Zapfen stehen gelassen.

Fig. 90. *)

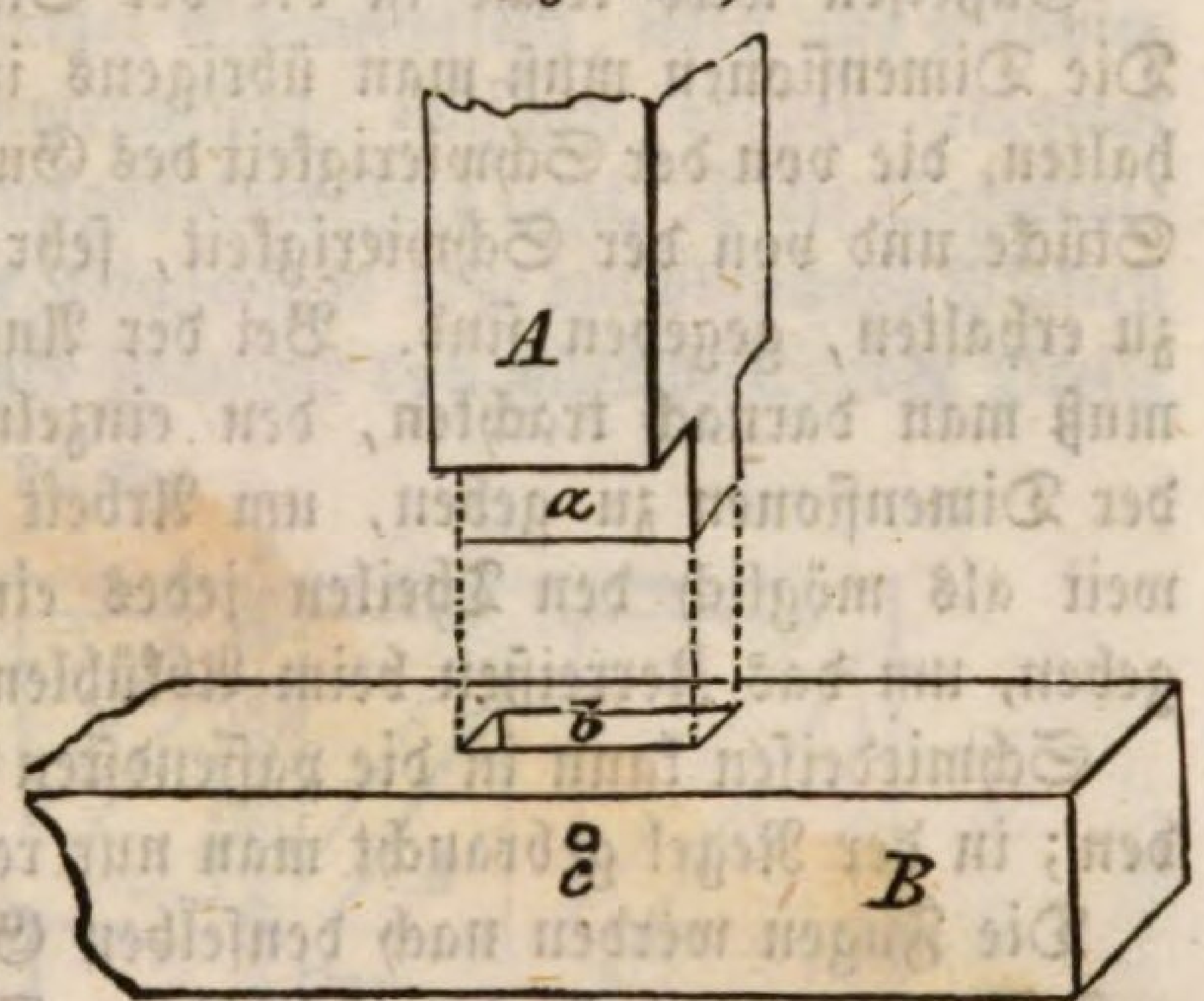
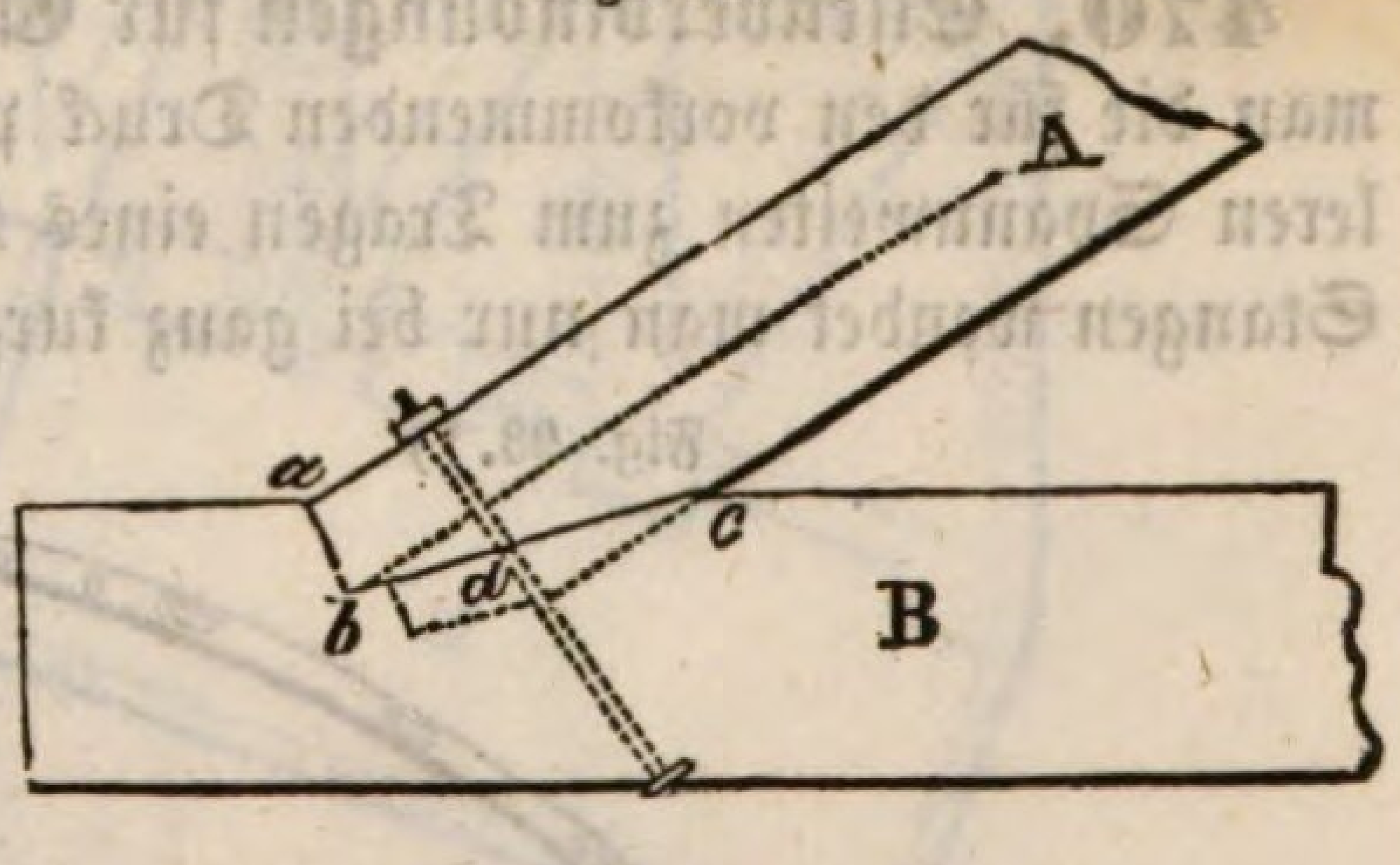


Fig. 91. **)



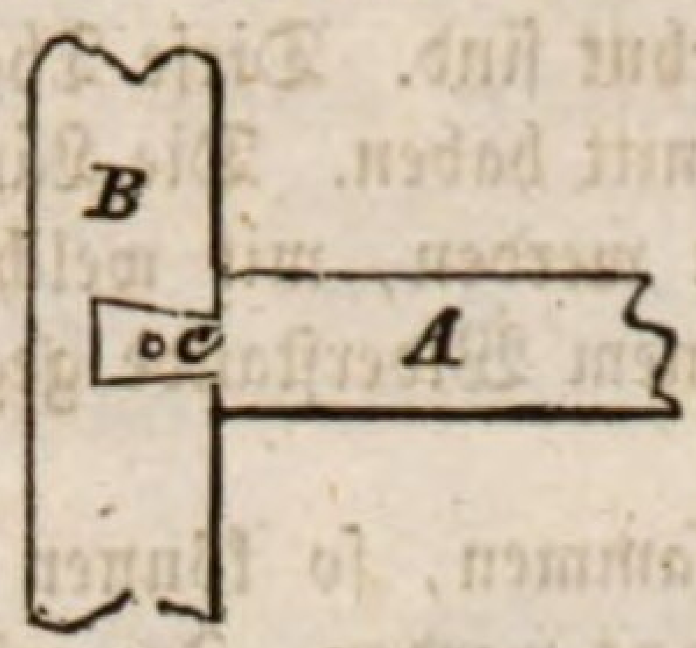
Diese Zapfenverbindungen haben vielfache Formen erhalten. Zuweilen hat man kreisförmige Fugen besser gefunden als ebene; zuweilen hat man doppelte Zapfen gebraucht.

*) Fig. 90 zeigt eine Zapfenverbindung zweier Hölzer unter rechtem Winkel.
a Zapfen an dem Holze A.
b Zapfenloch.
c Bohrloch zur Aufnahme eines hölzernen Nagels.

**) Fig. 91 zeigt eine Verbindung zweier schiefer Hölzer durch einen Zapfen; die Verbindung ist durch einen Schraubenbolzen verstärkt.

468. Bandfugen. Die eben betrachteten Verbindungen widerstehen einem Zusammendrücken, und daher folgendem Uebereinandergleiten; diese sollen dem Auseinandergehen durch Zug entgegenwirken. Die einfachste und festeste Form dieser Fuge ist die kreuzförmige Verplattung, wenn die Hölzer übereinander fortgehen, und der Schwalbenschwanz, wenn das Ende der einen mit der Seite des andern zusammentrifft (Fig. 92). Diese

Fig. 92. *)



Verbindungsweise wird sehr häufig gebraucht; für starkes Zimmerwerk mit sehr großem Zuge ist sie aber nicht passend, da sie leicht durch das Schwinden loose wird.

469. Zimmerwerk von Eisen. Gußeisen und Schmiedeisen werden hierzu verwendet. Das erstere ist passender, wo große Stärke mit bedeutender Steifheit verlangt wird; das letztere für leichteres Zimmerwerk, wo hauptsächlich ausdehnende Kräfte vorkommen.

*) Fig. 92 zeigt eine schwalbenschwanzförmige Verplattung mit einem Holznagel c.

Bei Eisenverbindungen gelten dieselben Grundsätze wie bei Holz.

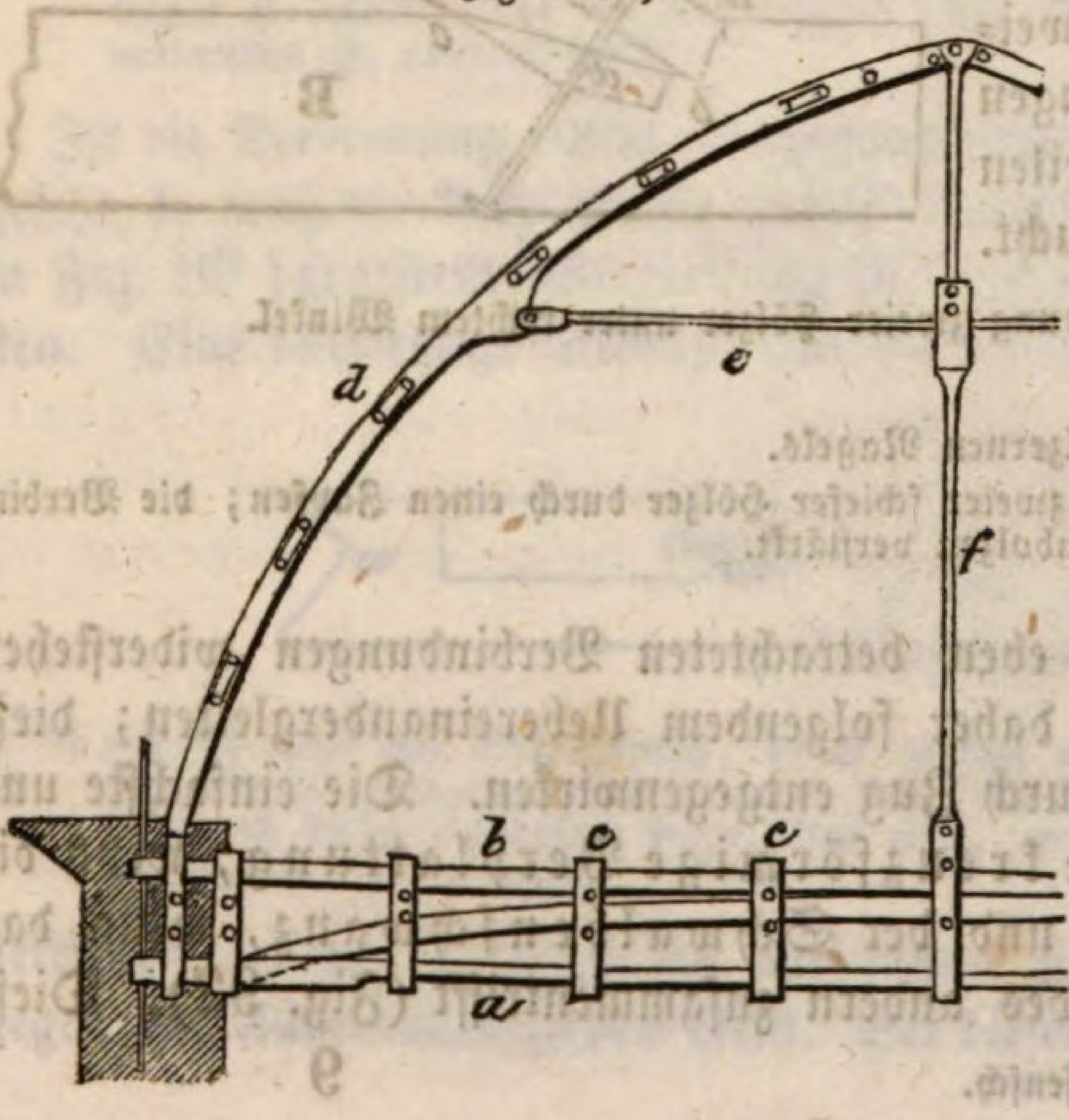
Gußeisen wird leicht in die der Stärke angemessensten Formen gebracht. Die Dimensionen muß man übrigens innerhalb gewisser praktischer Grenzen halten, die von der Schwierigkeit des Gusses und der Handhabung sehr schwerer Stücke und von der Schwierigkeit, sehr große Stücke von gleichförmiger Art zu erhalten, gegeben sind. Bei der Anordnung von eisernen Verbindungen muß man darnach trachten, den einzelnen Theilen Gleichheit der Form und der Dimensionen zu geben, um Arbeit und Kosten zu sparen; und muß so weit als möglich den Theilen jedes einzelnen Stückes gleiche Querschnitte geben, um das Zerreißen beim Abkühlen des Gusses zu vermeiden.

Schmiedeisen kann in die passendsten Formen gehämmert oder gewalzt werden; in der Regel gebraucht man nur rechtwinkliges oder rundes Eisen.

Die Fugen werden nach denselben Grundsätzen wie bei anderem Material gestellt, und durch Keile, Schließen, Schraubenbolzen 2c. zusammengehalten.

470. Eisenverbindungen für Querdruck. Gußeiserne Balken, denen man die für den vorkommenden Druck passendste Form gibt, werden bei mittleren Spannweiten zum Tragen eines Querdruckes gebraucht; schmiedeiserne Stangen wendet man nur bei ganz kurzen Spannweiten an.

Fig. 93. *)



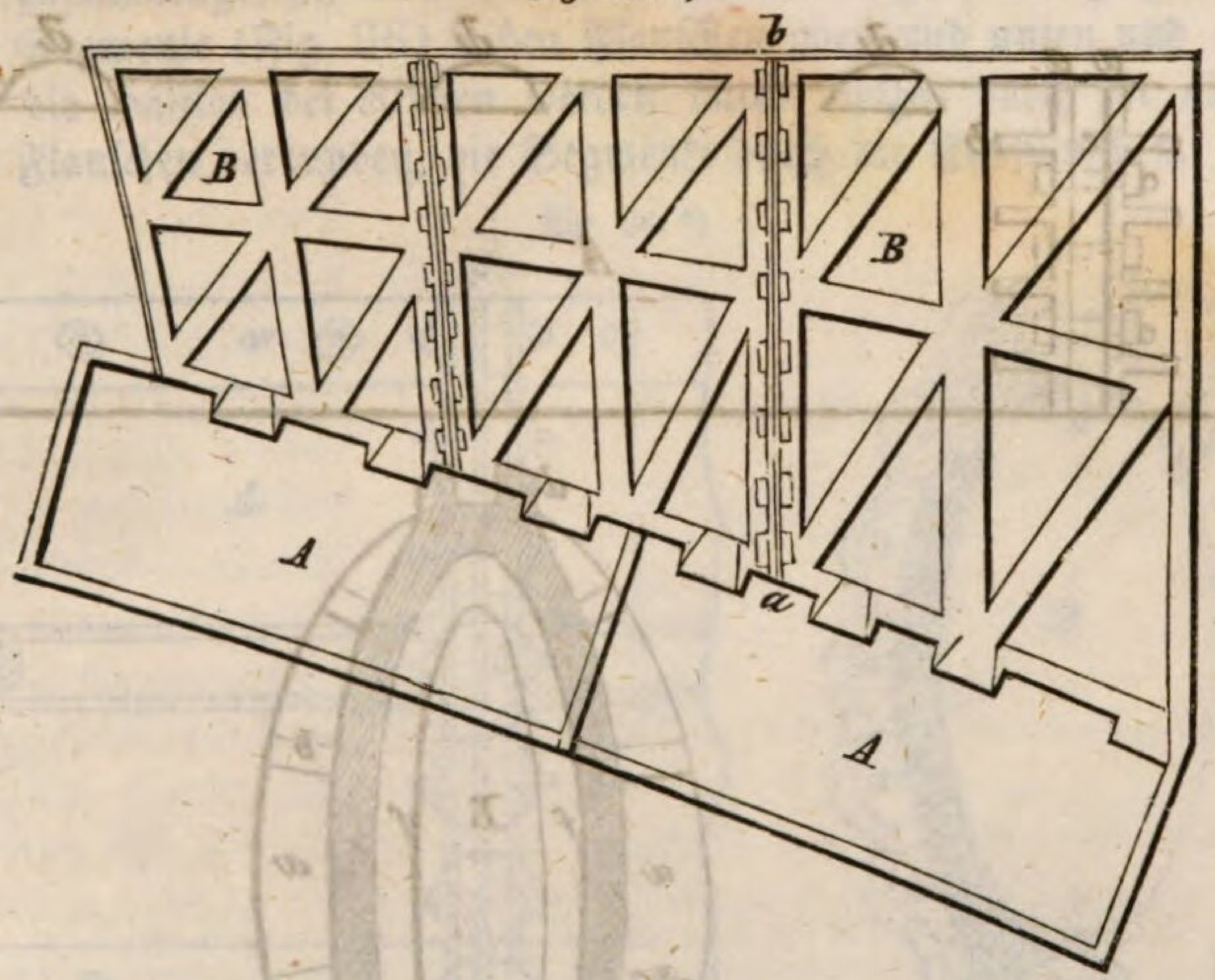
471. Offene gußeiserne Balken werden nur selten außer Verbindung mit gußeisernen Bogen gebraucht; dagegen sind solche von Schmiedeisen von vielfältiger Anwendung. Sie können aus zwei parallelen Schienen gebildet seyn, welche durch diagonale Stäbe verbunden sind, wie ein gewöhnliches Gitter; oder es kann ein gebogener Stab zwischen die beiden Schienen gebracht werden, oder irgend eine andere Verbindung, welche Leichtigkeit mit Festigkeit und Steifheit verbindet (Fig. 93).

*) Fig. 93 zeigt einen offenen Balken von Schmiedeisen, der aus einer obern und untern Schiene a und b mit einem gebogenen Zwischenstück besteht. Das Ganze wird durch paarweise angebrachte kurze Stäbe c, c, welche durch Schrauben verbunden sind, zusammengehalten.
d, e, und f sind Theile eines leichten gekrümmten Daches, das mit dem offenen Balken verbunden ist.

472. Eiserne Bogen. Gußeiserne Bogen werden zu denselben Zwecken verwendet wie solche von Holz. Das Gerippe derselben besteht aus mehreren parallelen Rippen von gleichen Dimensionen, welche in die Bogenform gegossen und durch horizontale Bänder und diagonale Streben verbunden sind. Das Gewicht des Ueberbaues kann auf diese Rippen auf mancherlei Weise übertragen werden, gewöhnlich durch einen gegossenen durchbrochenen Balken, welcher sich an den Bogen anschließt. Diese Balken werden ebenso durch Bänder und diagonale Streben verbunden.

Jede Rippe, mit Ausnahme ganz kurzer Spannweiten, wird aus verschiedenen Theilen oder Segmenten zusammengesetzt, zwischen welchen jedesmal eine Fuge in der Richtung des Krümmungshalbmessers liegt. Diese Segmente sind unter sich gleich; sie sind entweder geschlossene oder durchbrochene Platten von gleicher Dicke (Fig. 94), mit einer Flansche von gleichbleibender Breite

Fig. 94.*)



*) Fig. 94 zeigt einen Theil eines gußeisernen Bogens mit einem darauf liegenden gußeisernen durchbrochenen Balken.
A, A Segmente des Bogens.
B, B Theile des offenen Balkens, welche in den Fugen ab zusammengeschraubt sind.

rings herum. Diese Flansche dient sowohl zur Vermeidung einer seitlichen Biegung des Segmentes als zur Verbindung der Segmente unter sich und mit den daran stoßenden Theilen der Construction.

Die Rippen sind durch Platten verbunden, welche zwischen die Fugen der Segmente eingeschoben und mit diesen zusammengeschraubt sind; diese Bänder sind gewöhnlich durchbrochen, um sie leichter und wohlfeiler zu machen.

Dieses Gerippe erhält noch größere Steifheit durch diagonale Streben,

welche entweder mit den Rippen oder mit den Bändern verbunden sind. Diese Streben bestehen in Einem Stück; sie sind gerippt und von der Mitte nach den Enden abnehmend dick, um Stärke mit Leichtigkeit zu verbinden.

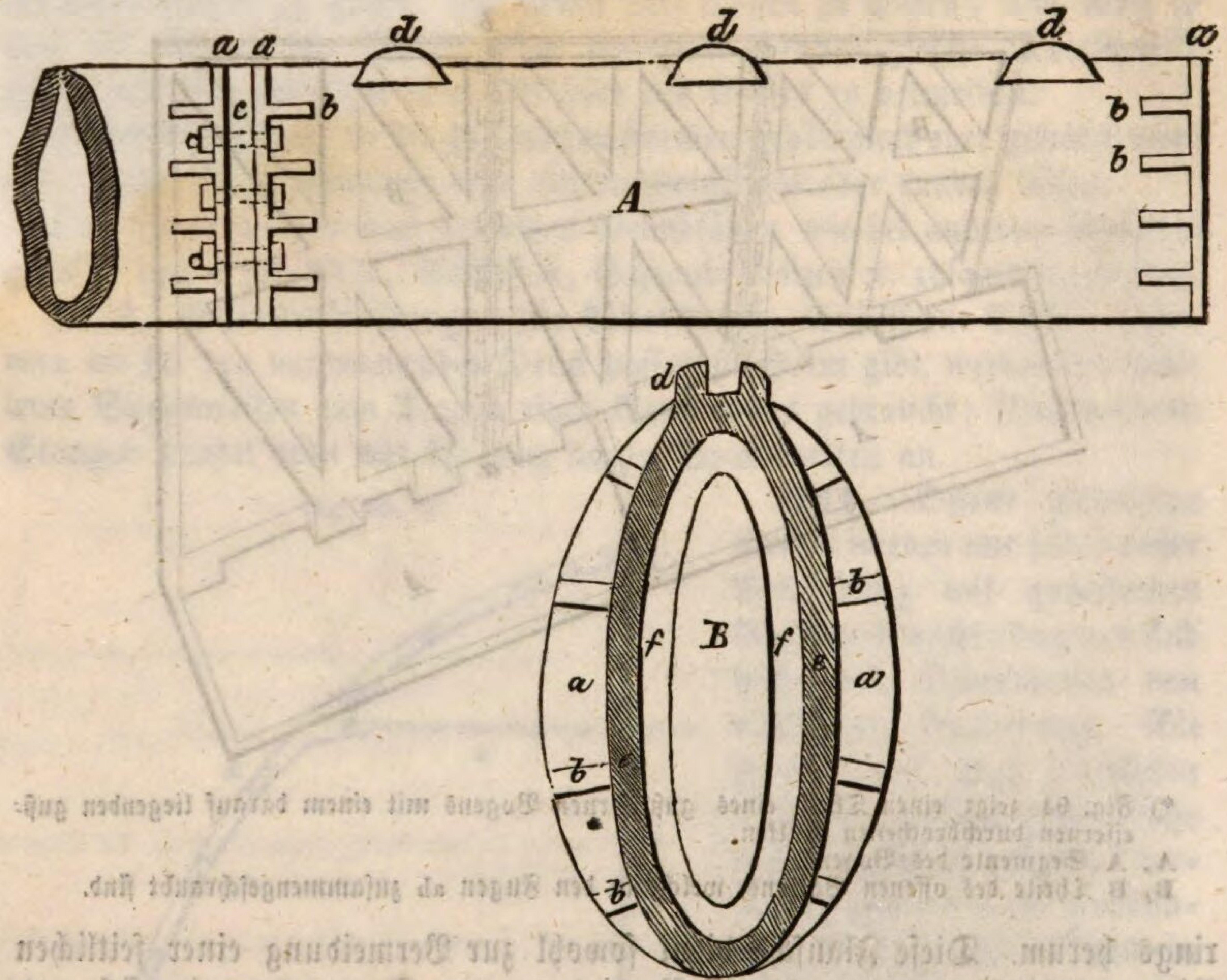
Der offene Balken (Fig. 94) welcher auf dem Bogen ruht, ist in einer passenden Zahl von Fächern gegossen; die Fugen zwischen diesen stehen entweder in der Richtung des Krümmungshalbmessers oder sie sind vertical. Auch diese Stücke sind mit Flanschen gegossen, um sie sowohl unter sich als mit den andern Theilen zu verbinden. Diese Balken sind wie die Bogen durch Bänder verbunden und durch Streben gegeneinander gestützt.

Balken von passender Form werden endlich der Länge nach oder quer über diese offenen Balken gelegt.

473. Bogen aus Röhren sind seit wenigen Jahren mit Erfolg versucht worden, und versprechen die gewöhnlichen platten Rippen zu verdrängen, da sie bei demselben Gewichte mehr Festigkeit gewähren (?).

Die Anwendung von Röhrenrippen geschah in den Vereinigten Staaten zuerst durch den Major Delafield bei den Staatsingenieuren in einem Brückenbogen von 80 Fuß Spannweite. Jede Rippe ist aus neun Segmenten zu-

Fig. 95. *)



*) Fig. 95 zeigt eine Seitenansicht **A** und einen Querschnitt **B** durch einen Sattel einer der Röhren des Major Delafield.

a, a (Fig. **A**) ist eine Seitenansicht, (Fig. **B**) eine Endansicht der elliptischen Flansche am Ende jedes Segmentes.

b, b sind Rippen, welche diesen Flanschen mehr Stärke geben.

c die Platte zwischen zwei Segmenten.

f (Fig. **B**) Vorsprung an dieser Platte, welcher in das Innere der Röhre paßt.

d, d Sättel zur Aufnahme des durchbrochenen Baums, der dem in Fig. 94 ähnlich ist.

e Querschnitt der Röhre durch den Sattel.

sammengesetzt; jedes Segment (Fig. 95) ist in einem Stücke gegossen, sein Querschnitt ist ein elliptischer Ring von durchaus gleicher Dicke, die große Axe der Ellipse in die Richtung des Krümmungshalbmessers gestellt. Eine breite elliptische Flansche mit Rippen ist an jedem Ende des Segmentes angegossen, um die Theile zu verbinden; und drei Stühle oder Sättel sind auf der Außenseite an die Röhre angegossen, um den offenen Balken auf dem Bogen festzuhalten.

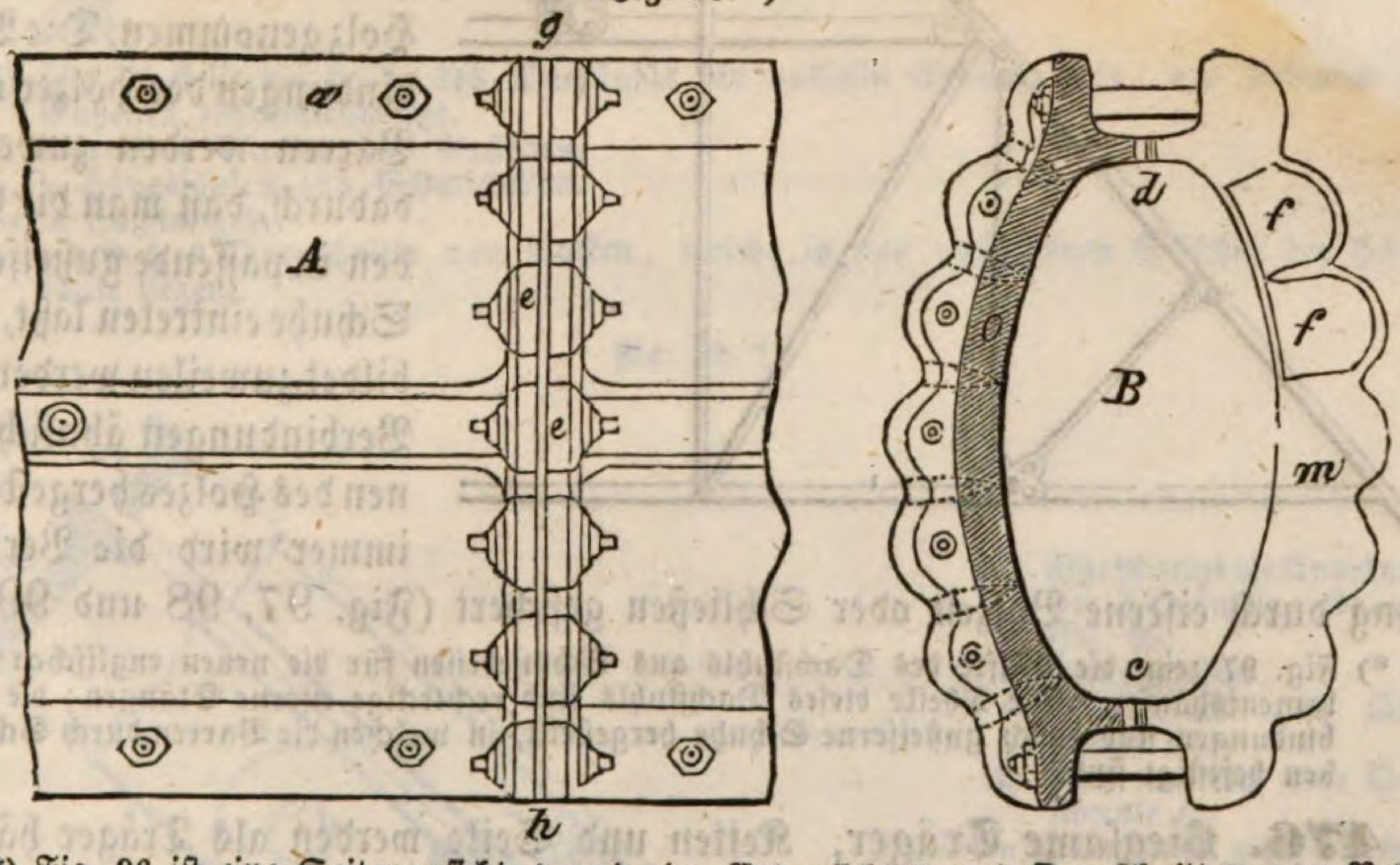
Die Rippen sind durch ein durchbrochenes Band verbunden. Vorspringende elliptische Ringe, welche an diese Bänder da angegossen sind, wo sie mit den Rippen zusammentreffen, werden genau in die Röhren eingepaßt.

Diese Bänder bilden die einzige Verbindung zwischen den Rippen. Die breiten Flanschen und die vorspringenden Ringe an den Bändern geben hinreichende Steifheit.

474. In Frankreich sind Röhren mit elliptischem Querschnitte bei vielen Brücken angewendet worden. Zuerst wandte sie Polonceau an, nach dessen Zeichnungen der größere Theil dieser Bauten ausgeführt wurde. Hierbei besteht jede Rippe aus zwei symmetrischen Theilen, welche der Länge nach in einer verticalen Fuge zusammenstoßen. Jede Hälfte der Rippe ist aus Segmenten zusammengesetzt, welche mit denen der andern Hälfte die Fugen wechseln.

Die Segmente (Fig. 96) haben Flanschen oben und unten und an jedem Ende; die Hälften der Rippen werden durch Bolzen durch die obern und untern Flanschen verbunden, die Segmente durch die Endflanschen.

Fig. 96. *)



*) Fig. 96 ist eine Seitenansicht **A** und eine Endansicht **B** und Querschnitt **B** von Polonceau's Röhrenbogen.
a, a obere Flansche, b, b untere Flansche der Halbsegmente, welche in der Fuge c, d in der Richtung der Axe der Röhre zusammenstoßen.
gh die Fuge zwischen den Flanschen e, e.
m innere Seite der Flansche.
o Querschnitt der Röhre mit der obern und untern Flansche.
f, f dünne Keile von Schmiedeisen, durch welche die Theile gerichtet werden.

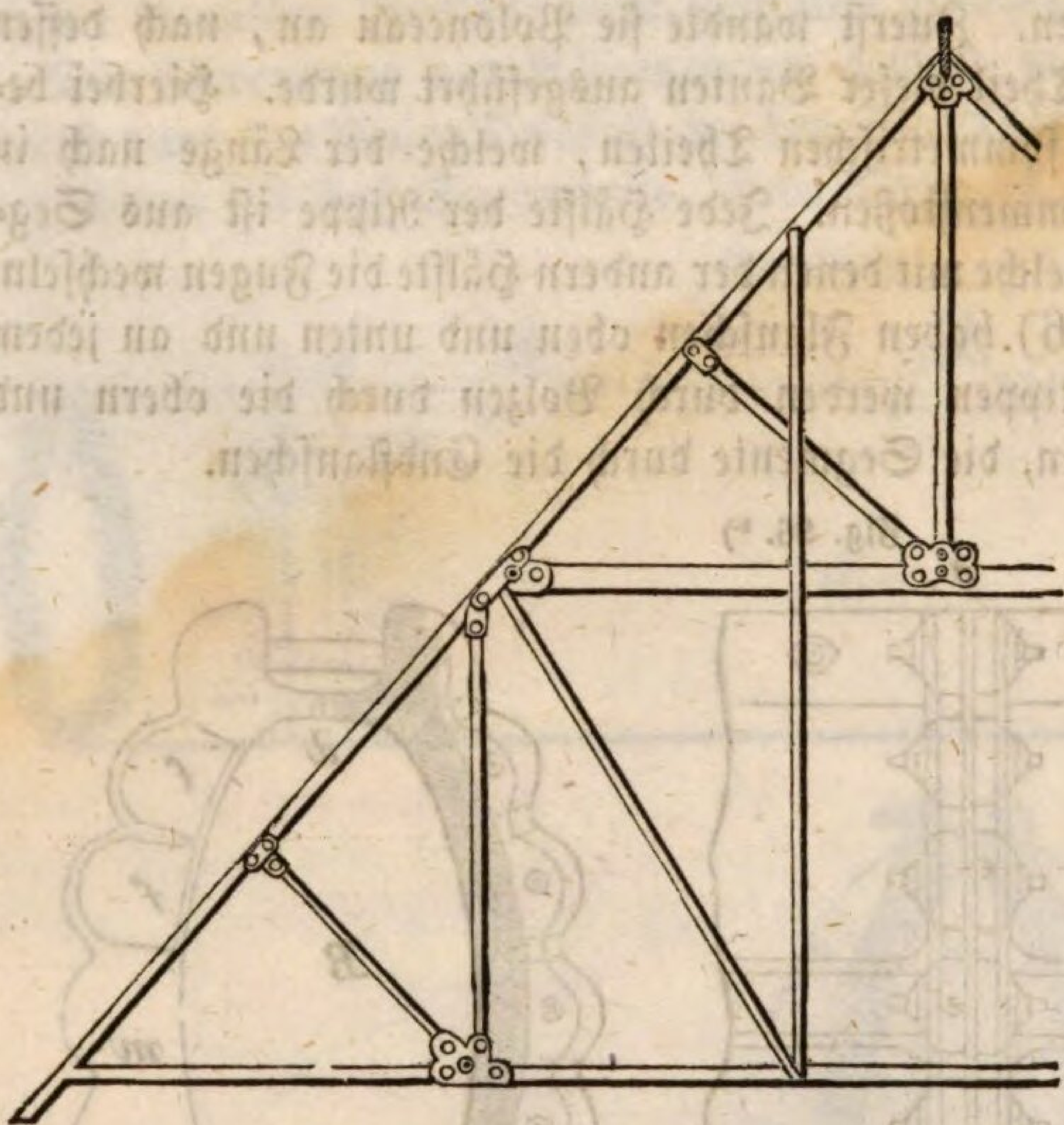
Um die Lage der Segmente zu richten und dem Ganzen eine passende Spannung zu geben, werden schmiedeiserne Keile zwischen die Segmentfugen eingetrieben, welche später durch die Bolzen in ihrer Lage erhalten werden.

Um die Rippen unter sich zu verbinden, sind eiserne Röhren zwischen ihnen angebracht, welche sich genau an die Rippen anlegen. Eiserne Stangen gehen durch diese Röhren und die Rippen, und dienen, um die Rippen fest gegen diese Röhren zusammenzuziehen. Endlich sind diagonale Streben zwischen den Rippen angebracht, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben.

Bei den Brücken, welche Polonceau nach diesem Plane baute, werden die Streckbalken der Brückenbahn durch gußeiserne Ringe getragen, welche an den Rippen und unter sich fest verbunden sind und ein passendes Lager für jene Balken tragen.

475. Eiserne Dachstühle. Man hat eiserne Dachstühle entweder nur aus Schmiedeisen oder aus Schmiedeisen und Gußeisen oder endlich aus diesen beiden Materialien in Verbindung mit Holz. Die Verbindungen zu eisernen Dachstühlen sind in jeder Beziehung dieselben wie bei Holz. Die Theile des Daches, welche einem Querdruck oder einer Zusammendrückung zu widerstehen haben, erhalten hierzu die passendste Form. Die Theile, welche einem Zuge ausgesetzt sind, wie die Balken und Hängsäulen, werden von Schmiedeisen oder von Holz genommen. Die Verbindungen der Hölzer oder Barren werden zuweilen dadurch, daß man die Enden in passende gußeiserne Schuhe eintreten läßt, gebildet, zuweilen werden die Verbindungen ähnlich denen des Holzes hergestellt; immer wird die Verbindung durch eiserne Bolzen oder Schließen gesichert (Fig. 97, 98 und 99).

Fig. 97. *)

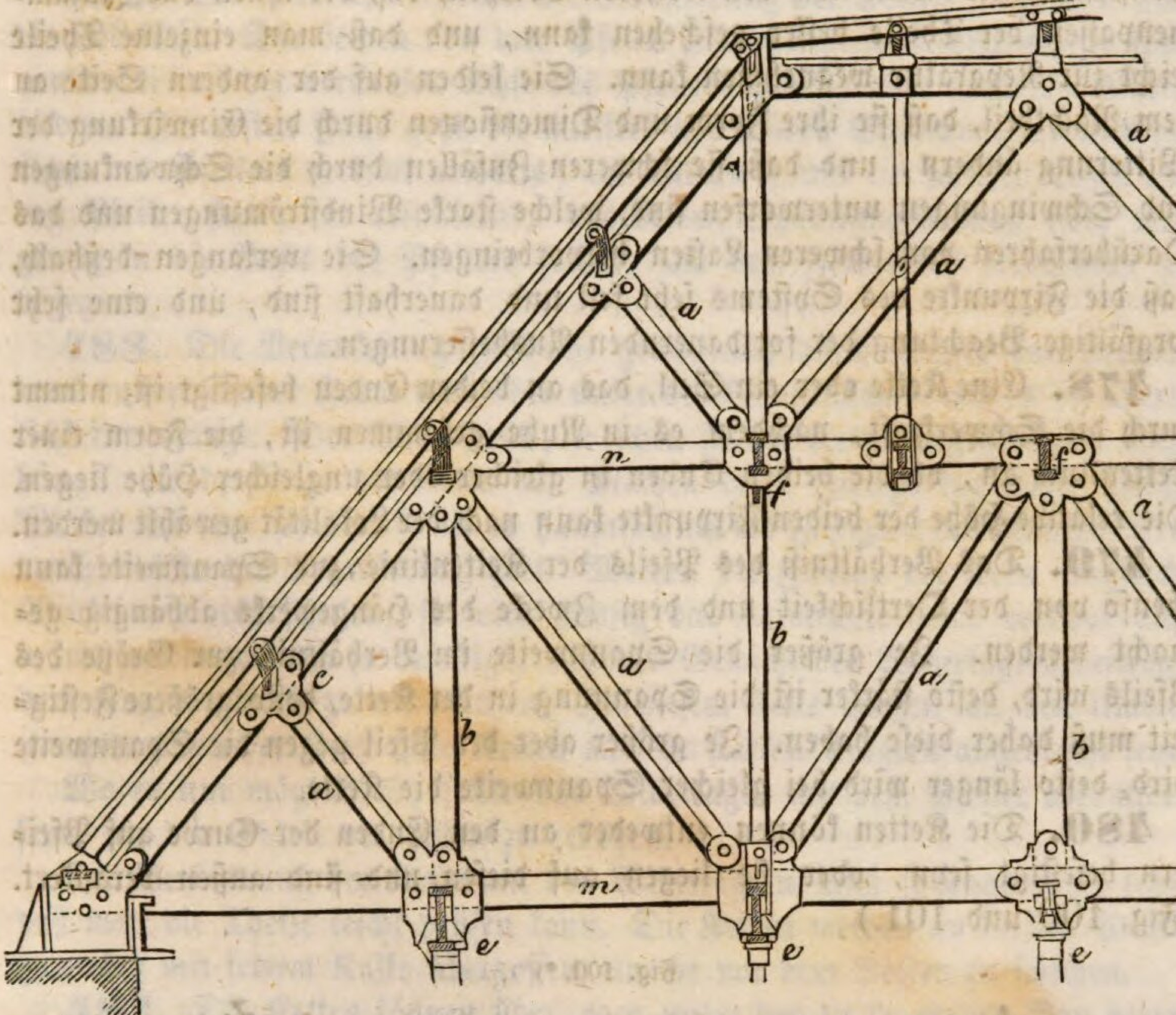


*) Fig. 97 zeigt die Hälfte des Dachstuhls aus Schmiedeisen für die neuen englischen Parlamentshäuser. Die Theile dieses Dachstuhls sind rechteckige eiserne Stangen; die Verbindungen sind durch gußeiserne Schuhe hergestellt, in welchen die Barren durch Schrauben befestigt sind.

476. Biegsame Träger. Ketten und Seile werden als Träger häufig gebraucht, indem aus diesen Hängewerke gebildet werden, an welchen entweder die zu tragende Last aufgehängt ist, oder welche diese unmittelbar oder durch feste Stützen tragen.

477. Bei all diesen Anordnungen wird der verticale Druck der Last in einen Zug nach der Richtung der Kettenlinie verwandelt. Das Material wird also hier in der Weise in Anspruch genommen, in welcher es den größten Widerstand leistet, und zugleich kann man hier mehr wie bei unbiegsamen Verbindungen die Dimensionen dem zu leidenden Zuge genau anpassen. Diese Con=

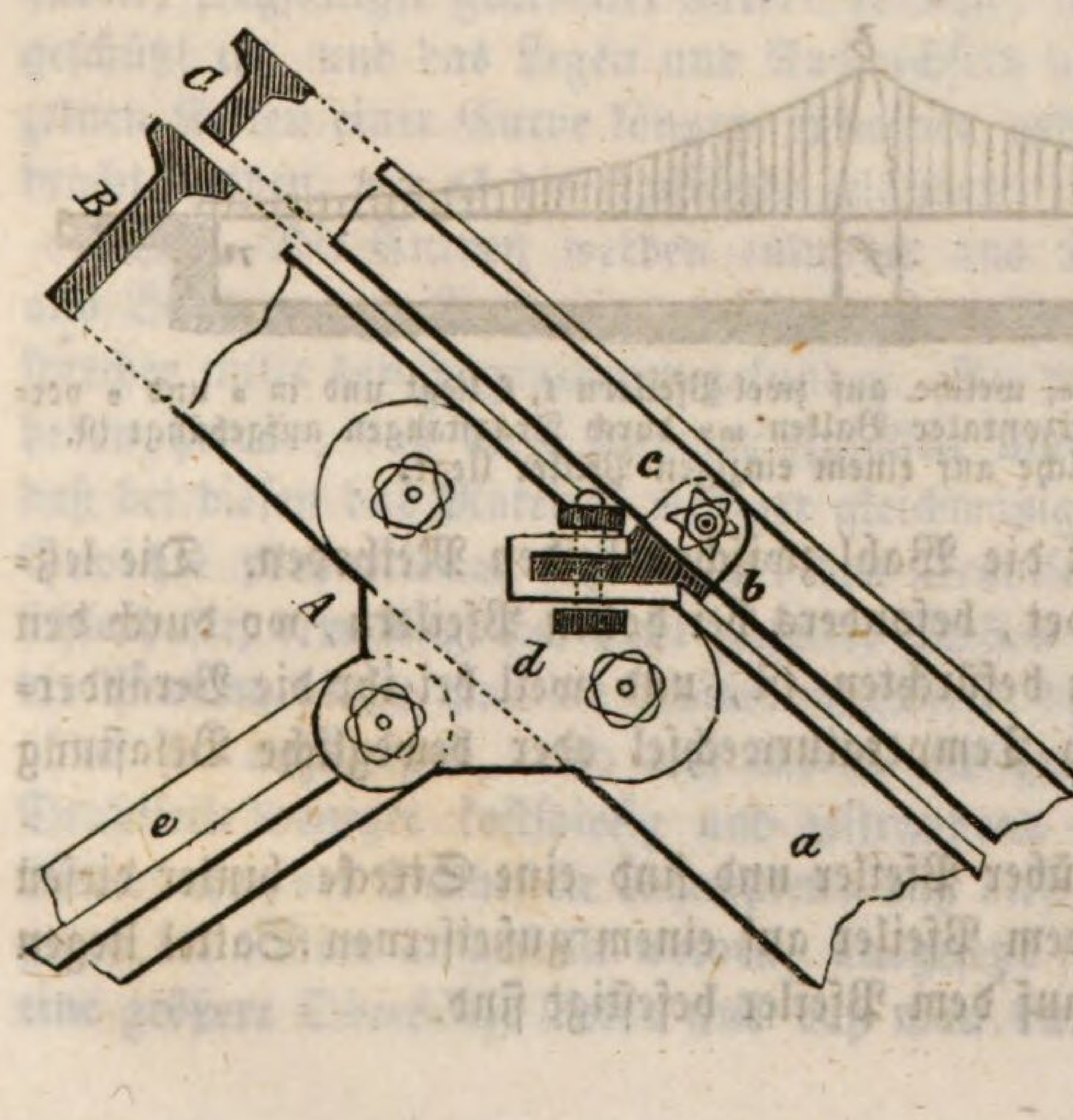
Fig. 98.*)



*) Fig. 98 stellt die Hälfte des Dachstuhls für dasselbe Gebäude vor, aus Schmied- und Gußeisen zusammengesetzt.

a, a gerippte Streben aus Gußeisen.
b, b Hängesäulen aus Schmiedeisen.
m, n Zugstangen.
e, e und f, f Querschnitte von Balken, welche in den gußeisernen Schuhen der Hängesäule liegen.

Fig. 99.*)



*) Fig. 99 zeigt die Anordnung der Verbindung bei c in Fig. 98.

A Seitenansicht.
a Hauptstrebe vom Querschnitt B.
b Sparren mit dem Querschnitte C.
c Querschnitt eines Dachriegels und Befestigung des Sparrens darauf.
d gußeiserner Schuh zur Verbindung der Stücke a, b, c und e.

Constructionen bieten noch den weiteren Vortheil, daß bei ihnen das Zusammenpassen der Theile besser geschehen kann, und daß man einzelne Theile leicht zur Reparatur wegnehmen kann. Sie leiden auf der andern Seite an dem Nachtheil, daß sie ihre Form und Dimensionen durch die Einwirkung der Witterung ändern, und daß sie schweren Zufällen durch die Schwankungen und Schwingungen unterworfen sind, welche starke Windströmungen und das Darüberfahren von schweren Lasten hervorbringen. Sie verlangen deßhalb, daß die Fixpunkte des Systems sehr fest und dauerhaft sind, und eine sehr sorgfältige Beachtung der fortdauernden Ausbesserungen.

478. Eine Kette oder ein Seil, das an beiden Enden befestigt ist, nimmt durch die Schwerkraft, nachdem es in Ruhe gekommen ist, die Form einer Kettenlinie an, ob die beiden Enden in gleicher oder ungleicher Höhe liegen. Die relative Höhe der beiden Fixpunkte kann nach der Lokalität gewählt werden.

479. Das Verhältniß des Pfeils der Kettenlinie zur Spannweite kann ebenso von der Oertlichkeit und dem Zwecke des Hängewerks abhängig gemacht werden. Je größer die Spannweite im Verhältniß zur Größe des Pfeils wird, desto stärker ist die Spannung in der Kette, desto größere Festigkeit muß daher diese haben. Je größer aber der Pfeil gegen die Spannweite wird, desto länger wird bei gleicher Spannweite die Kette.

480. Die Ketten können entweder an den Enden der Curve auf Pfeilern befestigt seyn, oder sie liegen auf diesen und sind außen verankert. (Fig. 100 und 101.)

Fig. 100. *)

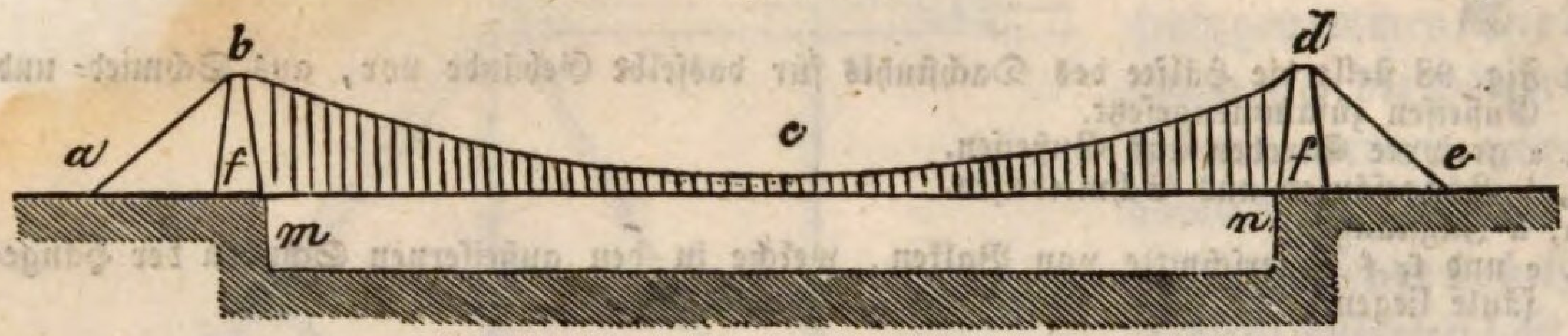
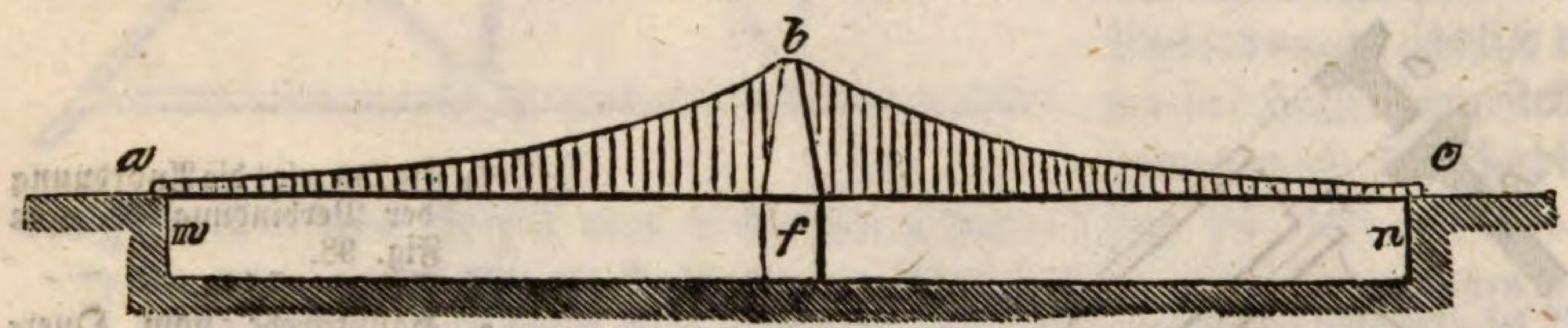


Fig. 101. **)



*) Fig. 100 zeigt eine Kette abcde, welche auf zwei Pfeilern f, f liegt und in a und e verankert ist, an welcher ein horizontaler Balken mn durch Tragstangen aufgehängt ist.
**) Fig. 101 zeigt eine Kette, welche auf einem einzigen Pfeiler liegt.

Die Oertlichkeit entscheidet die Wahl zwischen beiden Methoden. Die letztere wird allgemein angewendet, besonders bei hohen Pfeilern, wo durch den Zug ein Bruch im Pfeiler zu befürchten ist, und weil bei ihr die Veränderlichkeit der Spannung durch Temperaturwechsel oder bewegliche Belastung weniger hervortritt.

481. Gehen die Ketten über Pfeiler und sind eine Strecke hinter diesen verankert, so können sie auf dem Pfeiler auf einem gußeisernen Sattel liegen oder über Rollen gehen, die auf dem Pfeiler befestigt sind.

482. Die Punkte, an denen die Verankerung der Ketten stattfindet, gibt die Lokalität. Die beiden von dem Pfeiler herabhängenden Kettentheile können dabei mit der verticalen Achse des Pfeilers gleiche oder ungleiche Winkel bilden. Im ersten Falle geht die mittlere aus beiden Spannungen durch die Achse des Pfeilers vertical abwärts; im andern findet ein schiefer Druck auf den Pfeiler statt; die resultirende aus beiden Spannungen muß noch weit genug in die Basis des Pfeilers fallen, um dem Zerdrücken der Steine zu begegnen.

483. Die Verankerung geschieht gewöhnlich durch Massen von Mauerwerk von passender Form über oder unter der Bodenfläche, wie es die Oertlichkeit verlangt. Der Widerstand, welchen sie der Kette entgegensetzen muß, hängt von der Lage der Kette ab. Machen beide Zweige der Kette gleiche Winkel mit dem Pfeiler, so ist es hauptsächlich die Festigkeit des Mauerwerkes, durch welche die Verankerung hält. Machen die Zweige der Kette ungleiche Winkel mit dem Pfeiler, so wird häufig das verankerte Ende vertical aufwärts gekrümmt und so befestigt, daß das Gewicht des Widerlagers beiträgt, dem Zug der Kette zu widerstehen. In diesem Falle müssen an den Umbiegungspunkten der Kette feste Rollen an sehr starken Trägern angebracht seyn.

Wo es nur möglich ist, sollte das Widerlager mit dem Pfeiler verbunden seyn, um die Stärke des ersten zu erhöhen.

Die Verbindung der Kette mit den Widerlagern muß so angeordnet seyn, daß man die Theile leicht prüfen kann. Die Ketten werden an diesem Punkte zuweilen mit fettem Kalke übergossen, um sie vor dem Rosten zu schützen.

484. Die Ketten können über oder unter den zu tragenden Bau gelegt werden. Im ersten Falle ist die Stabilität größer als im zweiten; aber es werden dort höhere Pfeiler verlangt, und die Ketten können in der Regel nicht so zweckmäßig angeordnet werden, wie im letzten Falle. Die Curven können aus einer oder mehreren Ketten bestehen; in der Regel zieht man mehrere Ketten einer einzelnen vor, da sie bei demselben Gewichte mehr Stärke haben, sorgfältiger gearbeitet werden können, man mehr gegen Unglücksfälle geschützt ist, und das Legen und Auswechseln der Kette leichter ist. Die enzelnen Ketten einer Curve können entweder neben- oder übereinander angebracht werden, wie es die Umstände erlauben.

485. Die Curven werden entweder aus Ketten oder Drahtseilen oder aus Bändern von Bandeisen gebildet. Jede dieser Methoden hat ihre Fürsprecher unter den Ingenieuren gefunden. Die welche die Drahtseile vorziehen, heben hervor, daß diese weniger Zufällen unterworfen sind als die Ketten; daß bei diesen das Material weniger gleichmäßig und die Stärke weniger dem Gewichte proportional sey als bei den Drahtseilen, daß Eisenstäbe leichter fehlerhafte, dem Auge sich nicht zeigende Stellen haben können als Draht, daß die Proben, denen man die Stäbe unterwirft, diese Fehler vergrößern können ohne sie anzuzeigen, und daß endlich die Herstellung und das Legen der Drahtseile weniger kostspielig und zeitraubend sey als das der Ketten. Die Widersacher der Drahtseile behaupten, daß diese denselben Einwürfen wie sie gegen die Ketten aufgestellt werden, ausgesetzt seyen, daß sie der Oxydation eine größere Oberfläche bieten und daß man durch kein Mittel die Feuchtig-

keit vom Eindringen in das Seil zurückhalten könne, wodurch ein schnelles Rosten entstehe.

Daß in diesen wie in allen ähnlichen Discussionen den vorgebrachten Einwürfen ein übertriebener Grad von Wichtigkeit beigelegt worden ist, unterliegt keinem Zweifel. Die Erfahrung hat gelehrt, daß jede der genannten Methoden mit Sicherheit bei den schwersten Constructionen angewendet werden kann, und daß wo eine gefehlt hat, dieses solchen Fehlern der Ausführung oder des Materials zuzuschreiben war, welche leicht bei neuen Bauten vermieden und umgangen werden können. Die Zeit allein kann den Entscheid über den Vorzug einer der beiden Methoden geben, und wie weit jede derselben mit Vortheil an der Statt von Bauten aus steiferem Material gebraucht werden kann.

486. Die Ketten können aus rundem, quadratischem oder flachem Eisen hergestellt werden. Die Ketten aus flachem Eisen sind die gewöhnlichsten. Sie sind aus langen Gliedern durch kurze Platten und Bolzen zusammengesetzt. Jedes Glied besteht aus mehreren Barren von gleicher Länge, von denen jeder an beiden Enden zur Aufnahme des Bolzens durchbohrt wird. Die Barren eines Gliedes sind entweder unmittelbar aneinander gelegt, und die Glieder sind dann durch Platten, welche ein kurzes Kettenglied bilden und Bolzen verbunden, oder die Barren in zwei aufeinander folgenden Kettengliedern liegen zwischen einander und sind unmittelbar mit Weglassung der Platte durch den Bolzen vereinigt.

Die Kettenglieder, welche auf dem Pfeiler aufliegen, sind entweder gebogen oder kürzer, um der Kette ein besseres Anliegen auf dem Pfeiler zu gestatten.

487. Die Hängestangen können rund oder quadratisch seyn. Sie sind gewöhnlich einmal oder mehrfach gegliedert, um ihr Nachgeben gegen die Schwankungen zu erleichtern. Sie sind entweder an den Verbindungsbolzen der Kette aufgehängt oder sie hängen in einem Sattel, welcher auf der Kette aufliegt und so die gleichmäßige Vertheilung des Drucks auf die Kette vermittelt. Das untere Ende der Hängestange ist für das Tragen passend geformt.

488. Die Drahtseile sind aus Drähten gebildet, welche nebeneinander gelegt sind, so daß sie einen Cylinder bilden; sie werden durch spiralförmig darum gewundenen Draht zusammengehalten. Um das Seil zu bilden, werden zuerst Seilstücke von gleicher Länge gebildet. Dieß kann dadurch geschehen, daß man die erforderliche Anzahl Drähte alle gleich lang abschneidet und sie nebeneinander legt, oder daß man die Drähte hintereinander anknüpft und über zwei hufeisenförmige Stücke windet, welche in der Entfernung aufgestellt sind, die der Größe des Seilstückes gleich ist. Diese Seilstücke werden mit den Enden an zwei Eisenstücke, die Cruppers, befestigt und die Drähte vorläufig an mehreren Punkten mit spiralförmigen Drahtschlingen zusammengehalten. Welche von beiden Methoden man befolgt, muß man große Sorge tragen, daß alle Drähte gleichmäßig gespannt werden. Das Seil wird vollendet, wenn die Seilstücke über die Pfeiler gelegt und mit den Ankerstücken des Seils verbunden sind; dazu werden die vorläufigen Schlingen um die Drähte gelöst und alle Seilstücke vereinigt und in die cylindrische Form gebracht, indem man die ganze Länge der Kette mit Ausnahme der Stellen,

welche auf den Pfeilern aufliegen, mit einer Spirale von Draht umwickelt. Der Theil des Seils, welcher auf dem Pfeiler aufruht, wird nicht gebunden, sondern über das Sattelstück in gleicher Dicke ausgebreitet.

489. Die Seilstücke zum Anhängen der Last werden zuweilen in gleicher Weise wie die Kette selbst gebildet; gewöhnlich läßt man an jedem Ende eine Schleife, welche um einen eisernen Crupper gebildet ist, um sie mit der Kette und mit der Last durch geeignete Sattelstücke zu verbinden.

490. Um die Seile vor Orydation zu schützen, werden die Drähte überfirnißt, ehe sie zu Tauen zusammengelegt werden, und nachdem das Seil gebildet ist, wird dieses nochmals mit einem passenden Firniße überzogen.

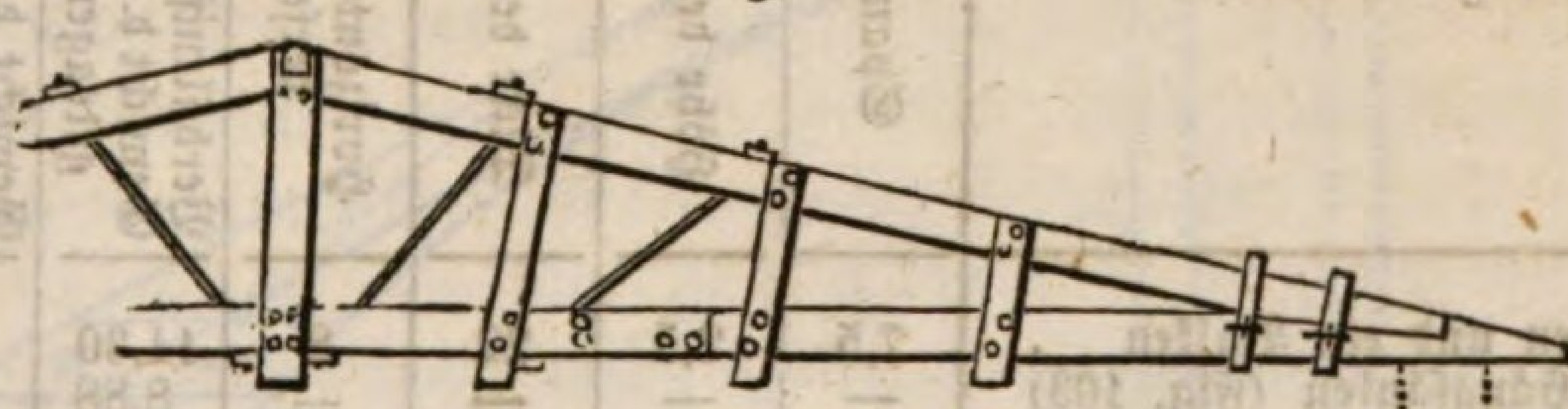
491. Festigkeit von Zimmerwerk. Experimentelle Untersuchungen hierüber beschränkten sich meistens auf sehr kleine Modelle, da Versuche mit Zimmerwerk von gewöhnlichen Dimensionen viele Kosten verursachen und viele Schwierigkeit haben.

Unter die bemerkenswerthesten Versuche in großem Maaßstabe gehören die, welche auf Anordnung der französischen Regierung unter der Leitung des Herrn Riebel zu Lorient angestellt und in den **Annales Maritimes et Coloniales, Feb. et Nov. 1837** beschrieben wurden.

Die Versuche wurden nach dem Aufschlagen des Zimmerwerks erst begonnen, nachdem sich dasselbe durch sein eigenes Gewicht gesetzt hatte, wobei man in gleichen Entfernungen an Seilen Lasten aufhing, welche eine über den Rücken des Zimmerwerks gleichmäßig verbreitete Last vorstellten.

Die Resultate in der folgenden Tafel beziehen sich auf Versuche mit einem Gespärre für das Dach einer Schiffswerfte (Fig. 102). Dieses besteht aus

Fig. 102.



zwei Sparren und einem Balken mit Hängesäulen, die paarweise vorhanden sind, und diagonalen eisernen Bolzen, welche angebracht waren, weil es nothwendig war, den Balken zusammenzuschiften. Die Spannweite des Gespärrs war 20 Meter; die Neigung der Sparren hatte 1 Höhe auf 4 Basis. Die Dicke der Hölzer war horizontal gemessen 6 Centimeter und die Höhe 46 Centimeter. Die durch die Belastung hervorgebrachte Senkung wurde für jedes einzelne Seil beobachtet.

Belastung des Gespärres.	Senkung des Rückens des Gespärres in Centimetern. 50 Centimeter von der Firste.	1m,5 von der Firste.	2m,5 von der Firste.	3m,5 von der Firste.	4m,5 von der Firste.
Gleichförmig verbreitetes Gewicht 750 Kilogr. .	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
" vertheiltes Gewicht 3935 Kilogr. .	4,0	3,3	4,8	4,6	2,9
" " 750 Kilogr. und 620 Kilogr. in der Mitte aufgehängt . . .	1,0	1,3	1,0	0,7	0,5
Gleichförmig vertheiltes Gewicht 3935 Kilogr. und 620 Kilogr. in der Mitte aufgehängt .	5,1	5,3	5,8	5,3	3,0

Die folgende Tafel gibt die Resultate, welche bei Dächern von gewöhnlicher Form mit geraden und krummen Hölzern erhalten wurden. Die gekrümmten Stücke waren aus zwei Dicken, jede von 9 Centimeter Dicke gebildet. Die Zahlen in der fünften Spalte geben das Verhältniß zwischen dem Gewichte des Zimmerwerks und der getragenen Belastung, bei welcher die Elasticität noch nicht aufhörte.

Bezeichnung des Daches.	Spannweite.	Höhe des Dachs.	Dicke der Hölzer.	Horizontale Breite derselben.	Verhältniß zwischen d. Gewicht d. Dachs u. d. getragenen Last.	Gewicht das die Elasticität noch nicht änderte.	Gewicht bei dem die Elasticität sichtlich aufhörte.
						Kil.	Kil.
Zwei Sparren und ein Balken .	7,5	2,5	22	8	14,30	1180	1776
Ebenso mit Hängsäulen (Fig. 103)	—	—	—	—	8,88	1260	2502
Ein Kreissegment mit Bindbalken, (Fig. 104)	16,5	3,3	30	18	3,85	2950	5550
Ebenso mit Hängsäulen (Fig. 105)	—	—	—	—	2,28	4300	8200
Ein Kreisbogen mit Sparren, welche an dessen Fuß mit einem Bindbalken befestigt sind (Fig. 106) .	—	—	—	—	3,91	2700	9900
Ein Halbkreis durch einen Balken zusammengehalten	16,8	—	—	—	1,00	1950	2300
Dasselbe mit Hängsäulen . . .	—	—	—	—	0,91	3300	3700

Fig. 103.

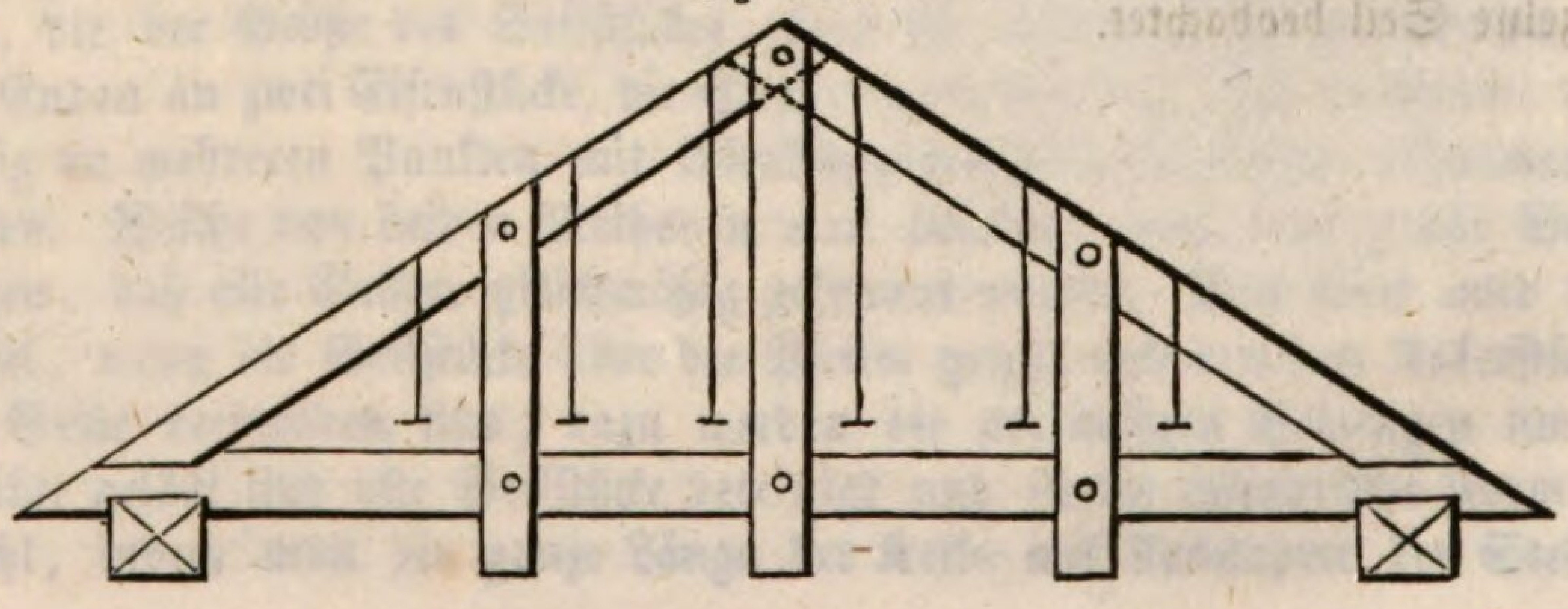


Fig. 104.



Fig. 105.

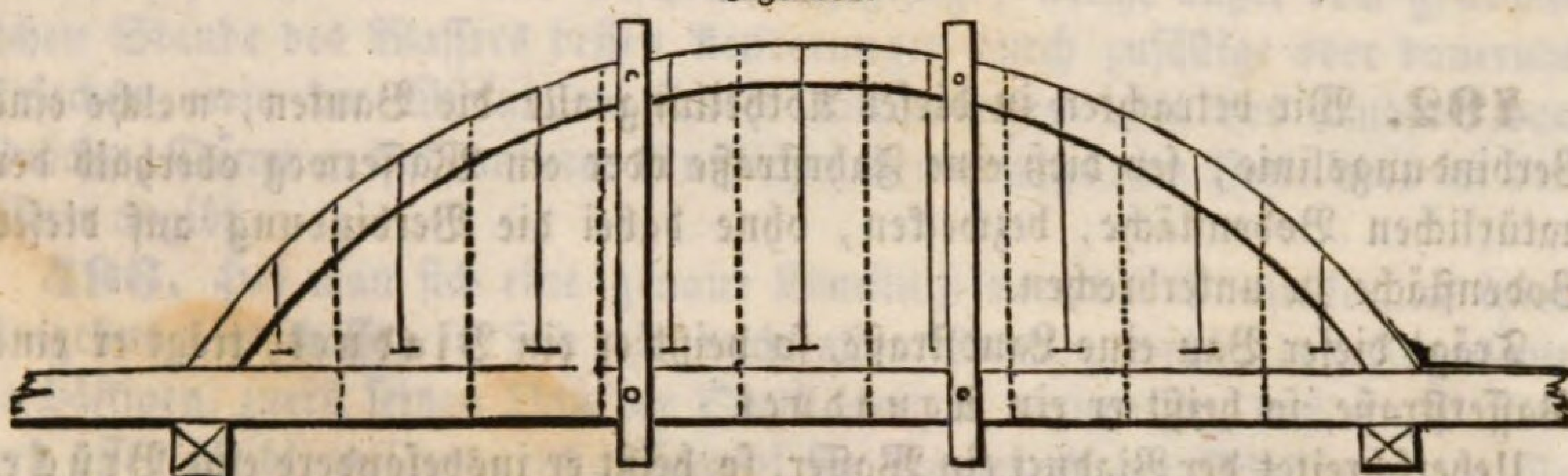
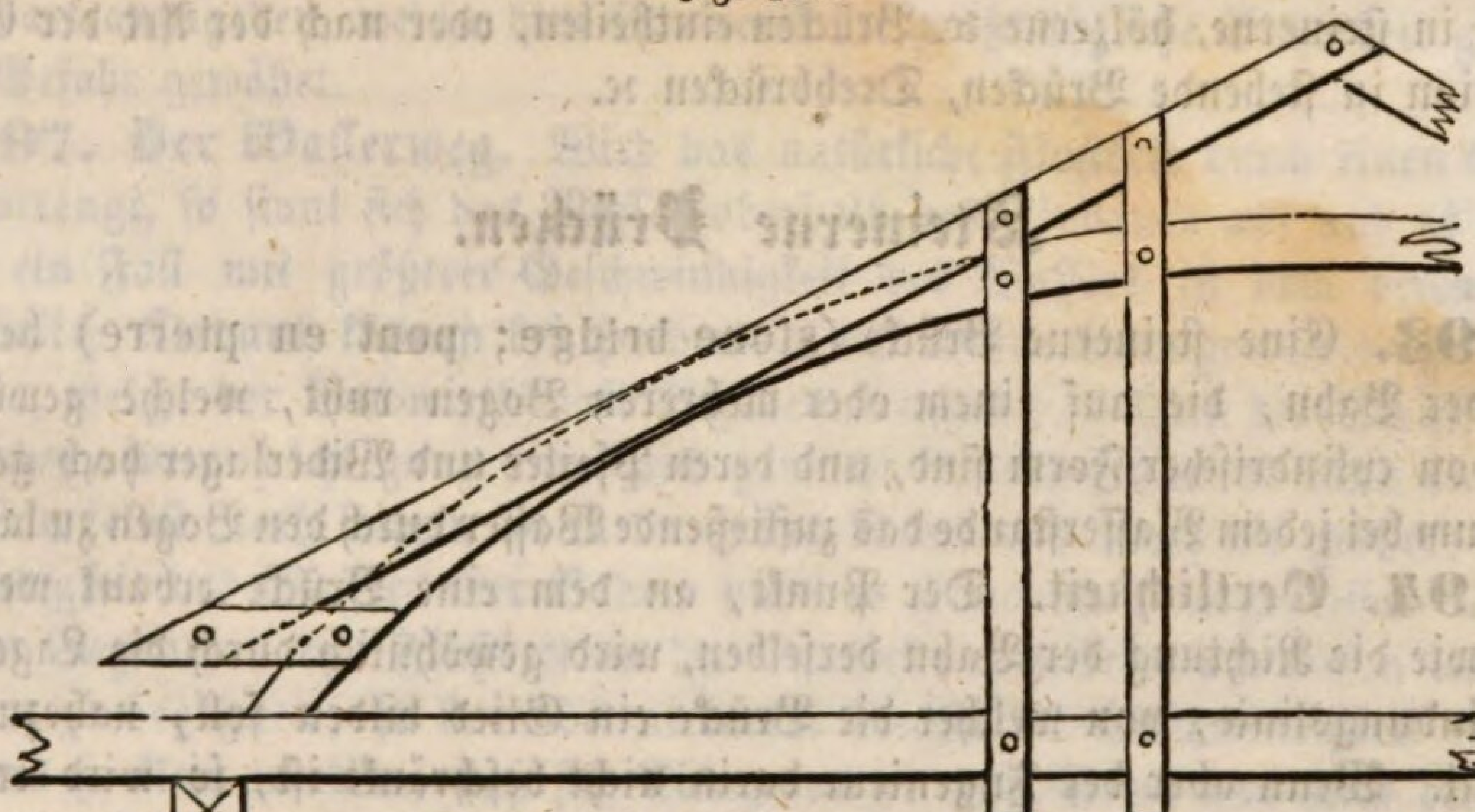


Fig. 106.



Brücken.

492. Wir betrachten in dieser Abtheilung alle die Bauten, welche eine Verbindungslinie, sey dieß eine Fahrstraße oder ein Wasserweg oberhalb der natürlichen Bodenfläche, bezwecken, ohne dabei die Verbindung auf dieser Bodenfläche zu unterbrechen.

Trägt dieser Bau eine Landstraße, so heißt er ein Viaduct, trägt er eine Wasserstraße, so heißt er ein Aquaduct.

Ueberschreitet der Viaduct ein Wasser, so heißt er insbesondere eine Brücke.

Für die Beschreibung kann man diese Bauten nach dem verwendeten Material in steinerne, hölzerne 2c. Brücken eintheilen, oder nach der Art der Construction in stehende Brücken, Drehbrücken 2c.

Steinerne Brücken.

493. Eine steinerne Brücke (**stone bridge; pont en pierre**) besteht aus der Bahn, die auf einem oder mehreren Bogen ruht, welche gewöhnlich von cylindrischer Form sind, und deren Pfeiler und Widerlager hoch genug sind, um bei jedem Wasserstande das zufließende Wasser durch den Bogen zu lassen.

494. Oertlichkeit. Der Punkt, an dem eine Brücke erbaut werden soll, wie die Richtung der Bahn derselben, wird gewöhnlich durch die Lage der Verbindungslinie, von welcher die Brücke ein Glied bilden soll, nahezu bestimmt. Wenn aber der Ingenieur darin nicht beschränkt ist, so wird er zur Baustelle einen Ort wählen, wo der Boden des Bettes einen festen Untergrund für die Gründungen bietet, wo die Auffahrten oder die Stellen, in welchen man die Brücke vom Lande aus erreicht, leicht hergestellt werden können, weder hohe Aufdämmungen noch tiefe Einschnitte erfordern, und wo der Lauf des Wassers gleichförmig ist, und nicht leicht durch Krümmungen oder andere Aenderungen in seinem Bette oder durch den Einbau der Fundamente und dergl. bedeutend geändert wird oder dem freien Abfluß des Wassers Hindernisse entgegentreten.

Um die Schwierigkeiten des Baues schiefer Bogen zu vermeiden, sollte die Axe der Brücke rechtwinklig auf der Zuglinie des Wassers stehen, weil zur Sicherheit der Fundamente die Seiten der Pfeiler und der Widerlager parallel mit der Strömung des Wassers seyn sollten.

495. Untersuchung der Localität. Nach welchen Betrachtungen immer der Ort zum Bau festgestellt wurde, so muß eine genaue Untersuchung der

Localität, des Flusses und seiner Umgebungen in einiger Entfernung aufwärts und abwärts angestellt werden, um den Ingenieur in den Stand zu setzen, den Einfluß zu beurtheilen, welchen der Bau der Brücke auf das Flußbett haben werde.

Diese Untersuchung muß überall die Bildung der Oberfläche, die Natur des Untergrundes im Bett und den Ufern des Flusses, und die Art der Strömung beim Hoch- und Niederwasser und das Anschwellen desselben feststellen. Dazu wird ein topographischer Plan, Längen- und Querprofile des Flußbettes und der Unterlage aufgenommen, welch letztere man durch Bohren und Sondiren untersucht; dazu wird eine Beschreibung gefügt, welche außer dem gewöhnlichen Stande des Wassers dessen Aenderungen durch zufällige oder dauernde Ursachen, wie die Wirkungen starker Strömungen oder der Einbaue von Brücken, Dämmen und anderer künstlicher Aenderungen im Bette oder an den Ufern angibt.

496. Hat man sich eine genaue Kenntniß von der Baustelle und ihrer Umgebung verschafft, so sind die wichtigsten Punkte, welche den Ingenieur beschäftigen, zuerst seinen Bau der Oertlichkeit so anzupassen, daß ein Wasserweg offen bleibt, welcher genügt sowohl für die Zwecke der Schifffahrt als für den Abfluß des Wassers selbst beim höchsten Wasserstand; dann eine Gründungsart anzugeben, welche dem Bauwerke die größtmögliche Sicherheit gegen jede Gefahr gewährt.

497. Der Wasserweg. Wird das natürliche Flußbett durch einen Einbau verengt, so staut sich das Wasser oberhalb des Einbaues auf und es entsteht ein Fall mit größerer Geschwindigkeit des Wassers in dem verengten Flußbette. Dadurch können bei Hochwasser Ueberschwemmungen herbeigeführt werden, welche der Landwirthschaft Schaden bringen; es kann die Schifffahrt gefährdet, wenn nicht ganz unmöglich gemacht werden; und es kann endlich der Bau selbst Noth leiden, wenn durch den Druck und durch die größere Geschwindigkeit des Wassers der Boden um das Fundament angegriffen wird. Ist im Gegentheil das Flußbett an der Baustelle erweitert, um diesen Uebelständen zu begegnen, so kann bei niederem Wasser die Geschwindigkeit dieses Wassers so klein werden, daß sich Ablagerungen von Sand und Kies bilden, welche bei schnellem Steigen des Wassers dieses stärker stauen als der Einbau selbst, was um so gefährlicher ist, wenn der Hauptstrom des Wassers durch jene Ablagerung gegen den Einbau geleitet wird und dort tief am Fundamente einfrißt. Die Bahn des Wassers muß deßhalb groß genug gelassen werden, um bei den unvortheilhaftesten Wasserständen die Geschwindigkeit des Wassers nicht bedeutend zu ändern.

498. Um die zweckmäßigste Geschwindigkeit des Wassers durch das verengte Flußbett zu erhalten, muß man die Geschwindigkeit des Stroms und seine Wirkung auf den Grund und die Seiten des Bettes bei dem höchsten Wasserstande genau notiren, und dazu besonders solche Stellen ober- und unterhalb der Brücke aufsuchen, wo das Bett am engsten zusammengezogen ist.

499. Die Geschwindigkeit des Wassers bestimmt man durch einen Schwimmer, aus einem Stoff der nur wenig leichter als Wasser ist, wie Wachs, Campher, oder die nicht zu leichten Holzarten. Man wirft diesen

Schwimmer in die stärkste Strömung und beobachtet die Zeit, in welcher er eine bestimmte Strecke durchlauft.

500. Von der Geschwindigkeit, welche man auf diese Weise findet, erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, indem man $^4/_5$ der Geschwindigkeit an der Oberfläche nimmt.

Hat man die mittlere Geschwindigkeit in dem natürlichen Flußbette, so erhält man die mittlere Geschwindigkeit in dem verengten Flußbette nach der Formel:

$$v = m\frac{S}{s}V.$$

v die mittlere Geschwindigkeit im verengten Flußbette,
V die mittlere Geschwindigkeit im natürlichen Flußbette,
s und S die Querschnitte des verengten und des natürlichen Flußbettes;
m ist ein Coefficient, welcher nach zahlreichen Beobachtungen im Mittel zu 1,097 angenommen werden kann.

Ueber die Einwirkung der vergrößerten Geschwindigkeit auf das Bett hat man keine Versuche, welche sich direct an die gewöhnlichen Fälle anschließen. Die folgende Tafel ist aus Versuchen, die in einem regelmäßigen Kanal angestellt wurden, gezogen:

Geschwindigkeit des Flusses in Metern.	Art des Bodens, der gerade noch diese Geschwindigkeit erträgt:	Specifisches Gewicht dieses Materials.
0,975	Eckige Kiesel von der Größe der Hühnereier	2,25
0,642	Abgerundete Kiesel von 1 Zoll Durchmesser	2,61
0,307	Kies von der Größe der Bohnen . . .	2,545
0,189	„ „ „ „ „ Erbsen . . .	2,545
0,216	Grober gelber Sand	2,36
0,107	Sand von der Größe der Aniskörner . .	2,545
0,079	Brauner Töpferthon	2,64

Gewöhnlich wird statt dieser Tafel folgende gebraucht, welche aber weniger zuverläßig zu seyn scheint.

Art des Bodens.	Größte Geschwindigkeit für diesen Boden.
	Meter.
Moorerde	0,076
Weicher Thon	0,152
Sand	0,305
Kies	0,609
Kieselsteine	0,614
Eckige Kiesel	1,220
Conglomerate, Schiefer .	1,520
Fels in Schichten . . .	1,830
Dichter Fels	3,050

501. Eintheilung der Brücke. Mit den so erhaltenen Angaben kann man nun zur Anordnung der Brücke selbst schreiten. Hierbei ist zuerst die Zahl der Bogen nebst der Form und den Dimensionen der Bogen festzustellen.

Als allgemeine Regel nimmt man eine ungerade Anzahl von Bogen an, sobald die Spannweite zu groß ist, um mit einem einzelnen Bogen hinüber zu langen. Oertliche Umstände veranlassen oft eine Abweichung von dieser Regel, was aber auf Kosten des architektonischen Effekts geschieht.

Die Weite der Bogen hängt hauptsächlich von der Art des Stroms, der Natur des Bodens und des Baumaterials ab.

Für Flüsse mit langsamem Laufe, welche keine bedeutende Hochwasser haben, genügen kleine Bogen oder solche von mittlerer Größe, weil hier selbst eine ziemliche Einengung des Wasserwegs die Geschwindigkeit nicht bedeutend vermehrt, und also die Fundamente keiner Gefahr aussetzt. Ueberdieß ist das Gründen in solchen Flüssen im Allgemeinen nicht schwierig. Für Flüsse mit schnellem Laufe und mit bedeutenden Hochwassern muß man dagegen weite Bogen nehmen, um den Wasserweg wenig einzuengen und die Gefahr für die Fundamente möglichst zu beschränken, indem man nur wenige in den Strom selbst bringt.

Bei einem vorzüglichen Baumateriale kann man weite, kühne Bogen bauen, was man bei schlechterem Materiale unterlassen muß.

502. Bögen. Man wendet bei Brücken Tonnengewölbe mit jeder der gebräuchlichen Wölblinien an. Die Wahl muß durch die Weite des Bogens, den höchsten Wasserstand, die Lage der Auffahrten zur Brücke und die Schönheitsrücksichten geleitet werden, wobei man das größere oder geringere Hervortreten bei den verschiedenen Wasserständen beachten muß.

Elliptische und Segmentbogen werden meist dem Halbkreisgewölbe vorgezogen, besonders bei größeren Spannweiten, weil sie bei gleicher Höhe der Straßenbahn dem Wasser einen größern Durchlaß gewähren, und ihre Stirnfläche bei Hochwasser den Druck des Wassers in einer kleineren Fläche aufnimmt.

Der Halbkreisbogen sollte seiner Schönheit, der Einfachheit seiner Construction und seiner Festigkeit wegen jedem andern Bogen für Brücken über ein regelmäßig fließendes Wasser, das bedeutende Schwankungen im Wasserstande nicht erleidet, vorgezogen werden, besonders wenn derselbe keine bedeutenden Auffüllungen für die Auffahrten erfordert.

Sind die Weiten aller Bogen gleich groß, so müssen alle Bogen einander gleich seyn. Sind die Weiten der einzelnen Bogen nicht gleich, so wird der weiteste in der Mitte angenommen und die andern symmetrisch darum vertheilt mit abnehmender Weite. Alle Curven werden hierbei ähnlich genommen, und die Anfänge der Bogen durch die ganze Brücke in gleicher Höhe.

Diese Höhe, in welcher die Bogen anfangen, hängt von der Pfeilhöhe der Bogen und der Höhe ihrer Scheitel über dem höchsten Wasserstande ab. Der Scheitel soll nach einer allgemeinen Regel nicht weniger als ein Meter über dem höchsten Wasserstande liegen, damit auch bei diesem schwimmende Körper unter der Brücke durchkommen können. Zwischen dieser untersten Lage des Scheitels und jeder andern hat man so zu wählen, daß die Auffahrt nicht zu steil wird oder nicht zu hoch zu liegen kommt, und doch auch der Anfang des Ge-

wölbes nicht so tief, daß bei mittlerem Wasserstande der architektonische Effekt verloren geht.

Sind die Bogen alle von gleicher Größe, so liegen die Straßenlinien und die Hauptlinien an den Stirnflächen der Brücke horizontal. Dieses war während einiger Zeit sehr beliebt in der Brückenbaukunst; wenige der neueren und berühmten Brücken sind anders gebaut; die Brücken erhalten hierdurch Leichtigkeit und ein kühneres Ansehen als man bei den Brücken findet, welche eine Neigung von der Mitte nach außen haben. In vielen Fällen werden aber die größeren Kosten dazu führen, diese ältere Bauart beizubehalten.

503. Architektonischer Styl. Bei Brücken müssen dieselben Grundsätze gewahrt werden, wie bei jedem andern Bau. Da die Brücken bestimmt sind, schwere Lasten zu tragen und einem der zerstörendsten Elemente zu widerstehen, mit dem der Ingenieur zu thun hat, so muß der Charakter des Baus der der Festigkeit seyn, und deßhalb soll eine Brücke nicht nur die gehörige Festigkeit haben, sondern auch durch ihr Ansehen das Gefühl der Sicherheit gewähren. Sie muß also in ihrem Baustyle nicht Korinthische Leichtigkeit zeigen, aber auch nicht in Egyptische Massenhaftigkeit ausarten. Dabei muß sich der Baustyl nach der Umgebung richten, also die Brücke geschmückter und ausgearbeiteter seyn, wenn sie in der Nähe prächtiger Bauten steht, als wenn sie einem abgelegenen Quartier angehört; und ebenso an das kleinste Dörfchen und die einförmigste Landschaft, oder an die kühnste Bildung der Natur sich anschließen. Einfachheit und Stärke muß man den Brücken geben; jede Verzierung, welche nicht augenscheinlich nutzbringend ist, wie jeder Versuch zur Kühnheit in der Zeichnung, welcher das Gefühl der Unsicherheit entstehen läßt, wenn dieses auch unbegründet ist, muß vermieden werden. Das meiste was versucht werden kann, besteht im günstigsten Falle in der Verbindung der Gewölbsteine mit den horizontalen Schichten in regelmäßiger und passender Weise; in der Zugabe eines vorspringenden Gesimses etwa mit Tragsteinen von hübschem Profile; in der Bildung der Außenseite der Pfeiler. Die Stirnflächen der Brücke, das Gesims und die Brustwehr bieten in der Regel ungebrochene Flächen dar; dieß kann bei Brücken, auf welchen man Plätze zu Sitzbänken vorbehalten will, welche die Fußpfade nicht unterbrechen sollen, anders seyn; in diesem Falle kann über jedem Pfeiler ein Strebepfeiler hinauf gebaut seyn, welcher den Ruheplatz trägt und zugleich bei höheren Brücken zur Festigkeit beiträgt.

504. Construction. Was über die Gründungen und die Mauerung überhaupt gesagt wurde, gilt hier vollständig; es soll hier nur nachgeholt werden, was den Brückenbau insbesondere angeht. Jede der angeführten Gründungsarten ist für die Gründung der Widerlager und Pfeiler anwendbar, wenn sie für den vorhandenen Baugrund paßt und nicht zu kostspielig ist. Da das Gründungsbett und die Theile des Fundaments durch die Strömung leicht angegriffen werden, so muß man die größte Vorsicht anwenden, sie zu schützen, indem man dem Gründungsbett eine große Ausbreitung gibt, wenn der Untergrund irgend nachgibt, das dauerhafteste Material für die Fundamente aufsucht, und besondere Mittel anwendet, den Boden rings um die Pfeiler gegen das Wegführen durch die Strömung zu sichern.

505. Zu dem letzten Zwecke hat man verschiedene Mittel versucht; zu den einfachsten und wirksamsten gehört die Ueberdeckung des Bettes mit Steinen, deren Größe und Gewicht hinreichend ist, der Strömung zwischen den Pfeilern zu widerstehen. Diese Steine werden unmittelbar auf das natürliche Bett des Flusses gebracht, wenn dieses aus einem gewöhnlichen thonigen Schlamm besteht; ist aber der Grund Sand oder Kies, so bringt man auf diesen erst einen zähen Letten, ehe man die Steine einwirft. Die Zwischenräume zwischen den Steinen füllen sich nach und nach mit Schlamm, welcher als Bindemittel der Masse viele Dauerhaftigkeit gibt.

506. Die Fundamente der Pfeiler sollen aus schweren gehauenen Steinen, die sorgfältig verbunden sind, staffelförmig absetzend aufgemauert werden. Die Seitenflächen der Pfeiler sollen ebenso aus gut verbundenen Quadern bestehen. Sie können entweder vertical aufgebaut werden oder mit einem geringen Anzuge. Ihre Dicke beim Anfange des Gewölbes muß größer seyn, als man diese unter den gewöhnlichen Umständen genommen hätte, da sie der zerstörenden Wirkung des strömenden Wassers und den Stößen schwerer schwimmender Körper ausgesetzt sind; da ferner die untergetauchten Theile der Pfeiler durch das Eintauchen an Gewicht verlieren und also weniger Widerstand leisten. Die bedeutendsten Brückenbaumeister haben die Regel befolgt, die Dicke der Pfeiler beim Anfange des Gewölbes zwischen dem sechsten und dem achten Theile der Spannweite zu nehmen. Die Dicke der Pfeiler der Brücke zu Neuilly bei Paris, von dem berühmten Perronet erbaut, dessen Werke in der neueren Brückenbaukunst Epoche gemacht haben, ist nur der neunte Theil der Spannweite, wie auch ihre Bogen durch die Kühnheit der Curve bemerkenswerth sind.

507. Die gewöhnlich befolgte Regel ist, allen Pfeilern die nämliche proportionale Dicke zu geben. Einige Ingenieure haben empfohlen, einigen Pfeilern hinreichende Dicke zu geben, um dem Schub der Bogen von jeder Seite her zu widerstehen, um so einen Theil des Baues zu schützen, wenn ein Unglück einen der andern Pfeiler träfe. Diese Massen, welche man Widerlagspfeiler genannt hat, sind verwerflich, weil sie den Wasserweg zu sehr beschränken, viel kosten und schlecht aussehen. Sie gewähren dagegen den Vortheil, daß man die einzelnen Bogen einzeln aufführen kann, was eine Ersparniß an Lehrgerüsten zur Folge hat.

508. Der Entwurf der Pfeilerköpfe (starlings; bécs) an der Stirnfläche der Brücke, ihrer Form, Höhe über dem Anfange des Gewölbes hängt von der Oertlichkeit ab. Der Hauptzweck derselben ist, einen Schutz des Mauerwerkes gegen den Stoß schwimmender Körper zu bilden und zugleich den Einfluß des Wassers zwischen die Pfeiler zu vermitteln und dabei die Bildung von Wirbeln und ihre Wirkung auf das Bett zu verhüten. Ihre Form muß beiden Zwecken entsprechen. Von den verschiedenen Formen, welche man den horizontalen Querschnitten der Pfeilerköpfe gegeben hat (Fig. 107, 108, 109 und 110), scheint die halbe Ellipse, nach sorgfältigen Versuchen, am besten zu entsprechen.

Die Pfeilerköpfe erhalten bei Flüssen, die keinen Anschwellungen oder keinem Eisgange ausgesetzt sind, gewöhnlich dieselben Querschnitte strom=

Fig. 107.

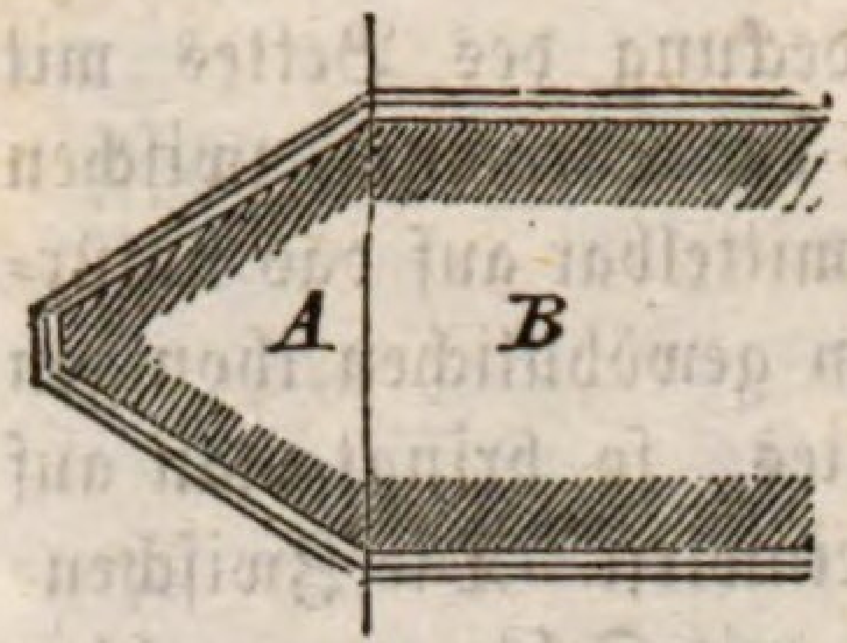


Fig. 108.

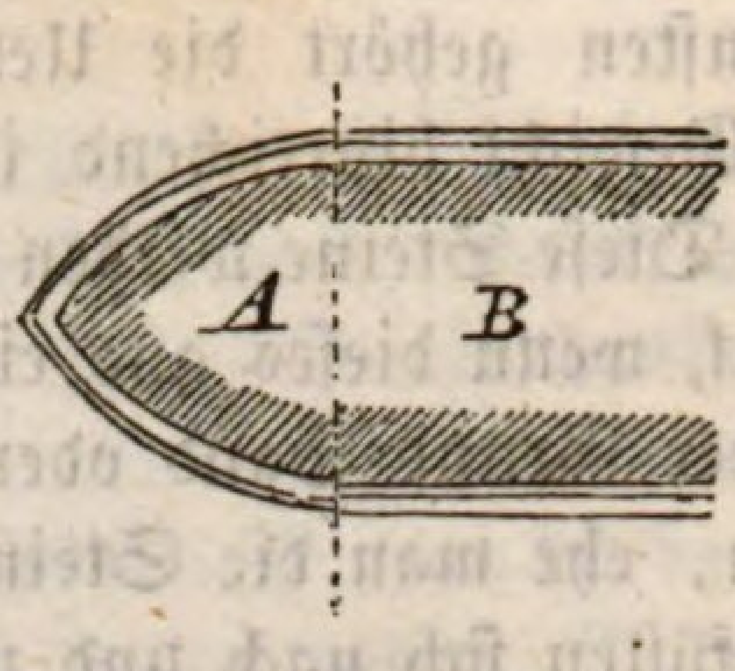


Fig. 109.



Fig. 110.

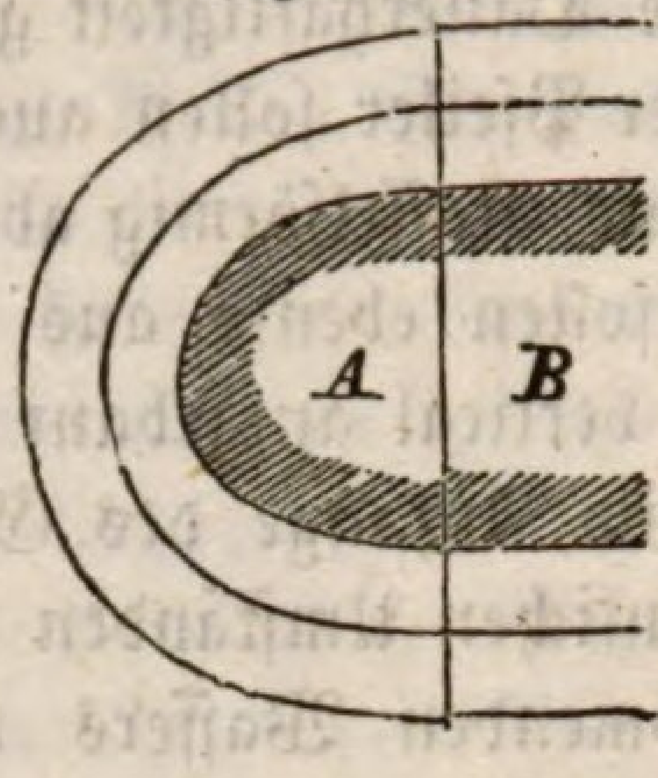
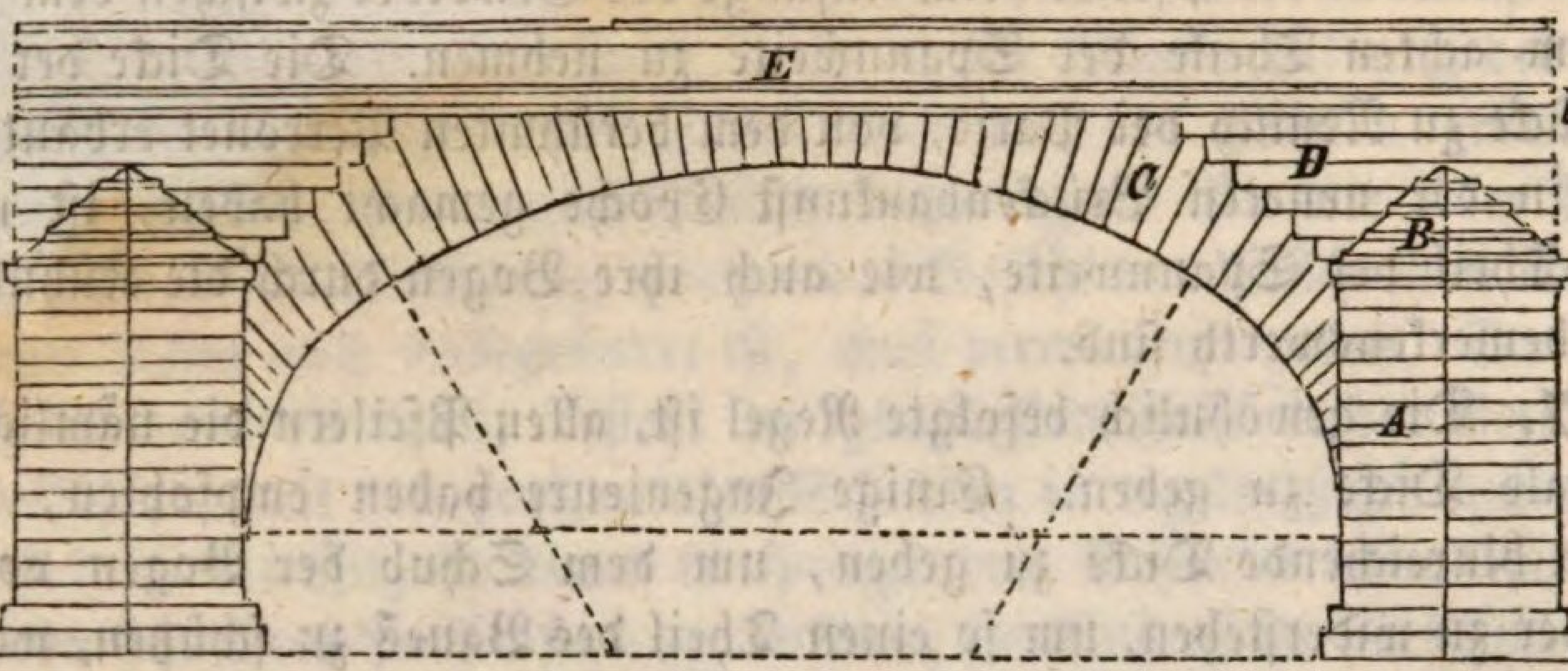


Fig. 107, 108 und 110 zeigen die gewöhnlicheren Formen der horizontalen Querschnitte der Pfeilerköpfe **A** und eines Theils des Pfeilers **B** über den Fundamenten. Fig. 109 zeigt den Grundriß der Kappe eines Pfeilerkopfes in Schichten; der Verticalschnitt ist ein Viertelskreis.

auf- und stromabwärts. In verticaler Richtung werden dieselben säulenförmig entweder gerade oder bauchig (Fig. 111, 112, 113, 114.). Sie sollen bis

Fig. 111.*)



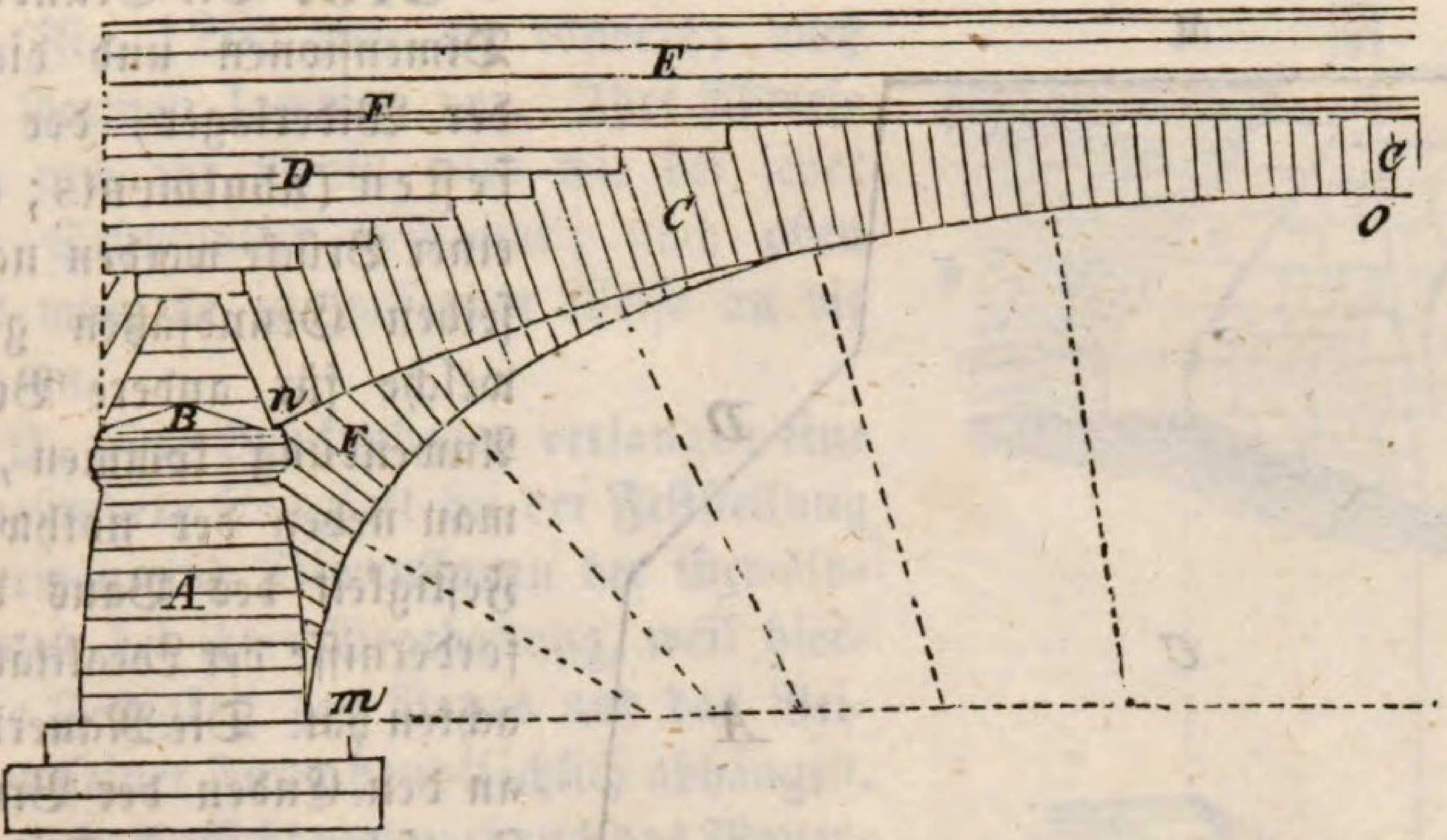
*) Fig. 111 zeigt die Pfeilerköpfe **A** mit ihrer Kappe **B**, die Gewölbsteine **C**, die Stirnmauer **D** und die Verbindung ihrer Schichten mit den Gewölbsteinen eines ovalen Bogens von drei Mittelpunkten.
E Brustwehr; **F** Mauerband.

Fig. 112.*)



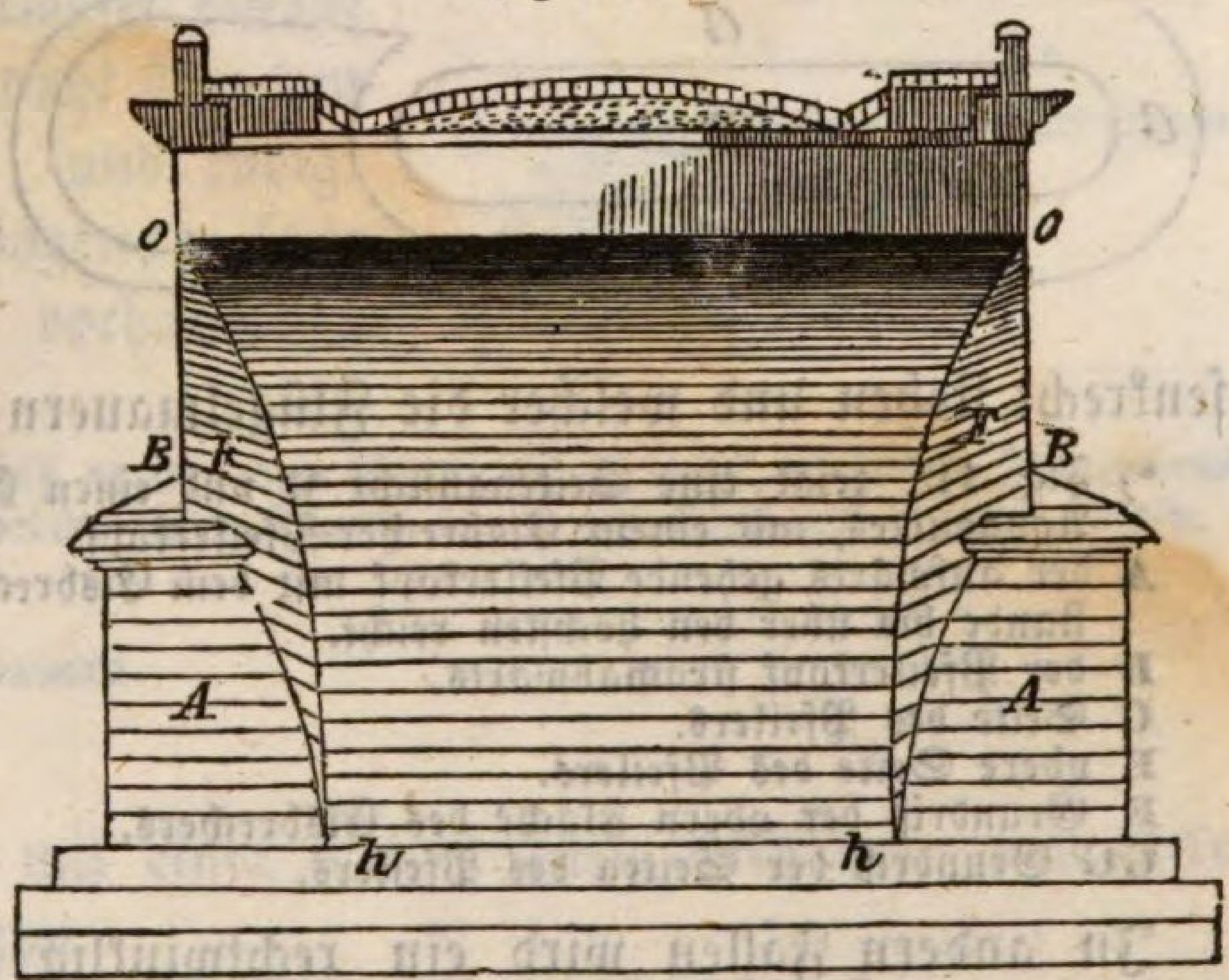
*) Fig. 112 zeigt im Aufrisse die Verbindung derselben Elemente wie in Fig. 111 für einen flachen Segmentbogen.

Fig. 113. *)



*) Fig. 113 zeigt im Aufriß die Verbindung derselben Elemente wie in Fig. 111 bei der Neuilly-Brücke, einer Korblinie von 11 Mittelpunkten.
om Korblinie der inneren Wölbung.
on Kreisbogen an der Stirn der Brücke.

Fig. 114. *)



bis zum höchsten Wasserstande aufgeführt werden. Sie sind am obern Ende mit einem Decksteine überlegt, um das Mauerwerk vor Regen u. dgl. zu schützen. Dieser Stein, die Haube (**hood; bonnet**) des Pfeilerkopfes, kann eine conische oder sphäroidische Form erhalten.

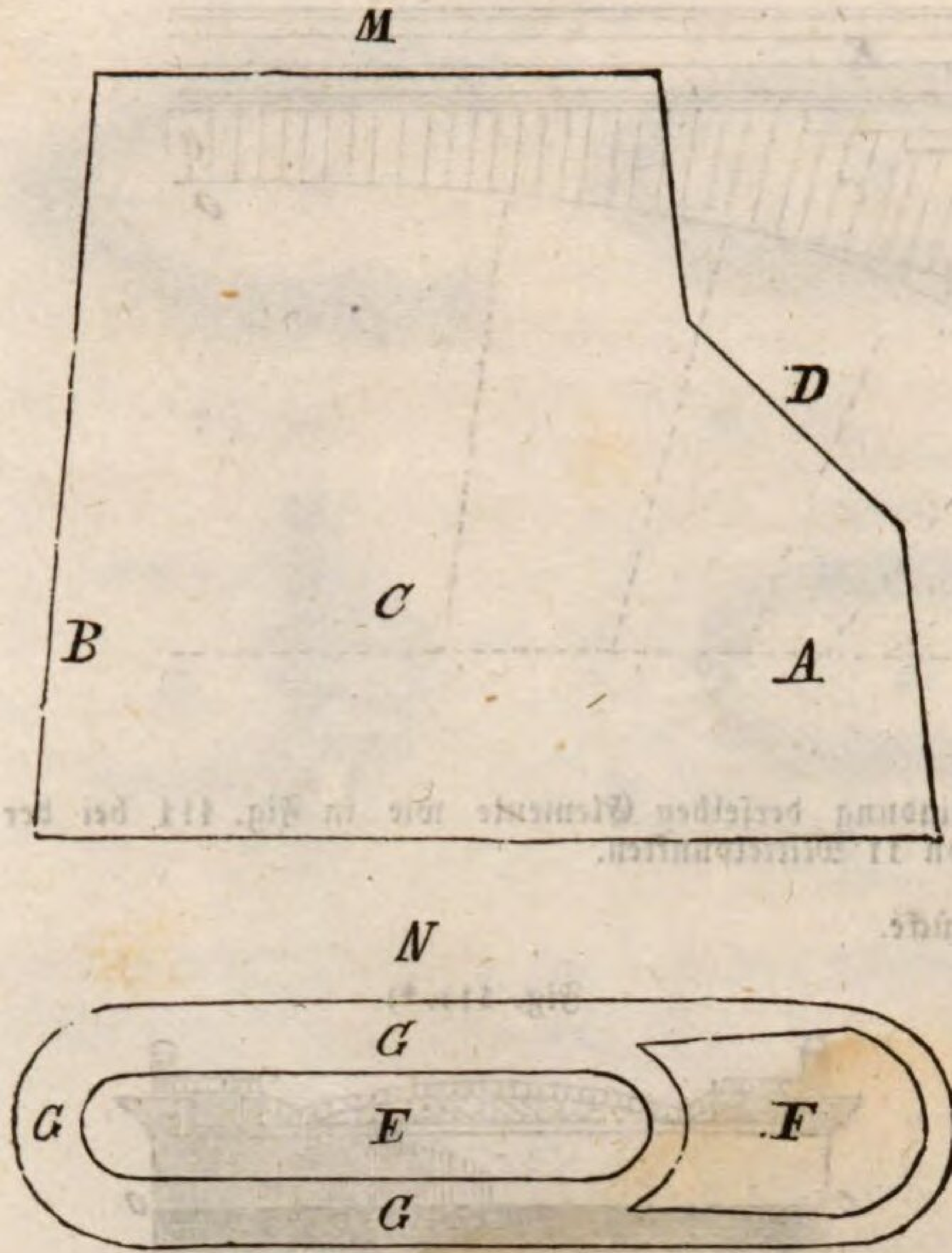
In Flüssen bei welchen starke Strömungen und Eisgänge vorkommen, erhält der Pfeilerkopf stromaufwärts mehr Stärke

*) Fig. 114 zeigt einen Querschnitt und Aufriß durch den Scheitel des Bogens in Fig. 113 und zeigt die Anordnung der Fahrbahn, der Fußwege, der Brustwehr und des Gesimses.

als der stromabwärts und wird überdieß in der Form einer geneigten Ebene gebaut (Fig. 115), um das Eis leichter zu zerbrechen und seinen Durchgang durch den Bogen einzuleiten.

509. Wo die Ufer eines zu überbrückenden Wassers so steil und der Zugang so schwierig ist, daß man die Straße in die Höhe dieser Ufer legen muß, kann die Sicherung der Fundamente und die Sparsamkeit hohle oder offene Pfeiler verlangen. Eine solche Construction erfordert große Vorsicht. Die Schichten des Pfeilers müssen aus schweren, mit äußerster Sorgfalt behauenen Steinen bestehen; die Pfeilerköpfe werden voll gebaut. Die Seitenflächen der Pfeiler werden durch mehrere Quermauern von schweren gut verbundenen Steinen in Verbindung gesetzt. Diese Quermauern werden durch große Binder in verticaler Richtung verstärkt und bei großer Weite auch eine Bindemauer nach der Mittellinie aufgeführt.

Fig. 115. *)



510. Die Gründung, die Dimensionen und die Form der Widerlager, der Landfesten (abutments; culées) einer Brücke werden nach denselben Grundsätzen geordnet, welche für andere Bogen in Anwendung kommen, wobei man neben der nothwendigen Festigkeit des Baus die Erfordernisse der Localität zu beachten hat. Die Mauern welche an den Enden der Brücke die Fortsetzungen der Stirnflächen bilden und die Dämme der Auffahrten halten, die Flügelmauern (wingwalls; murs en aile) dienen den Landfesten als Streben. Zuweilen wird die Landfeste rückwärts durch einen cylindrischen Bogen begrenzt, dessen Elemente senkrecht stehen und welcher die Flügelmauern verbindet.

*) Fig. 115 zeigt eine Seitenansicht M und einen Grundriß eines Pfeilers des Potomac-Aquaductes, mit einem Eisbrecher-Pfeilerkopf.
A der aufwärts gehende Pfeilerkopf mit dem Eisbrecher D, welcher vom niedersten Wasserstande bis über den höchsten reicht.
B der Pfeilerkopf stromabwärts.
C Seite des Pfeilers.
E obere Seite des Pfeilers.
F Grundriß der obern Fläche des Eisbrechers.
GG Grundriß der Seiten des Pfeilers.

In andern Fällen wird ein rechtwinklig geformter Strebepfeiler in der Mittellinie hinter das Widerlager gebaut und durch eine verticale Quermauer oder durch horizontale Bogen mit den Flügelmauern verbunden.

Fig. 116. *)

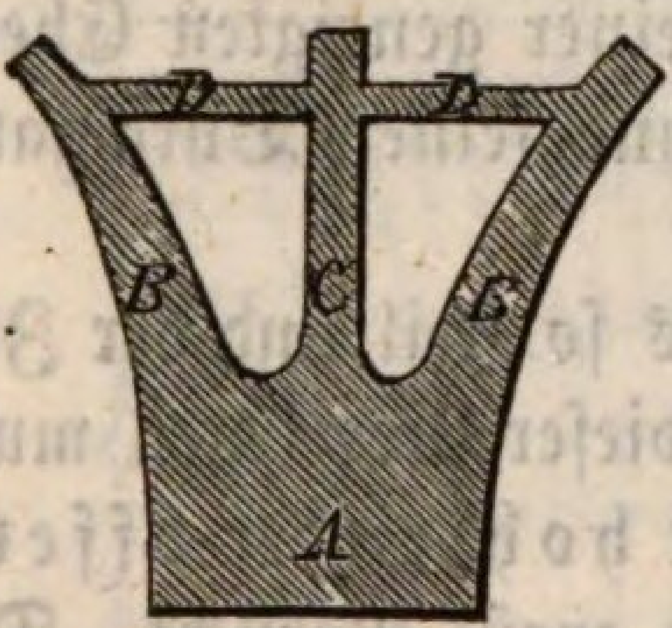
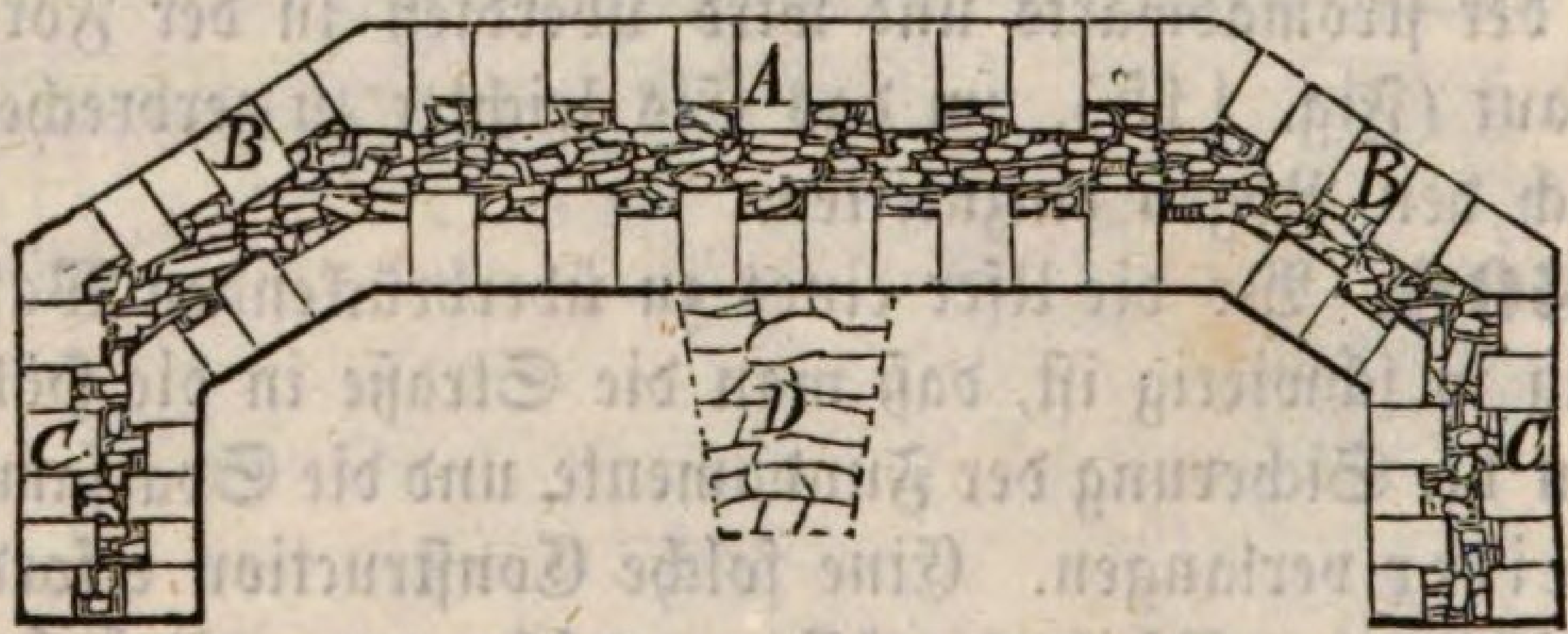


Fig. 117. **)

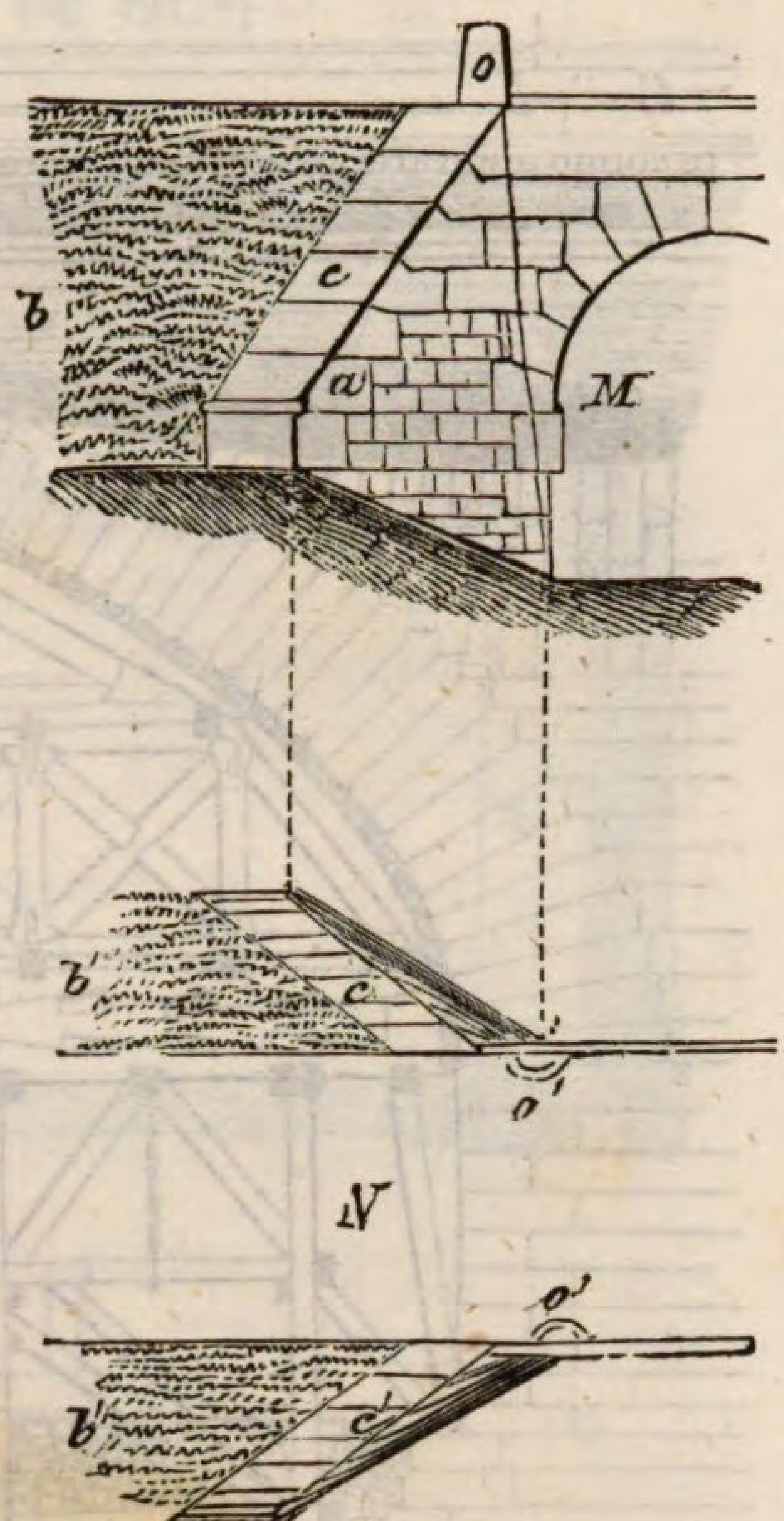


*) Fig. 116 zeigt den horizontalen Schnitt einer Landfeste A mit gekrümmten Flügelmauern BB, einer mittleren Strebe C und einer quergehenden Bindemauer D.
**) Fig. 117 stellt den horizontalen Schnitt einer Landfeste A mit geraden Flügelmauern B, B mit umgebogenen Mauern C, C vor.
D mittlerer Strebepfeiler.

511. Die Flügelmauern können ebene Mauern seyn (Fig. 118), welche mit den Stirnflächen der Brücke bestimmte Winkel bilden; oder sie haben

krumme Oberflächen und zeigen ihre concave Seite (Fig. 126) oder die convexe; auch andere Formen kommen vor. Ihre Abmessungen und ihr Profil wird wie bei jeder andern Stützmauer bestimmt; nach oben schließt man sie in passender Weise an die Brücke an.

Fig. 118 u. 119. *)



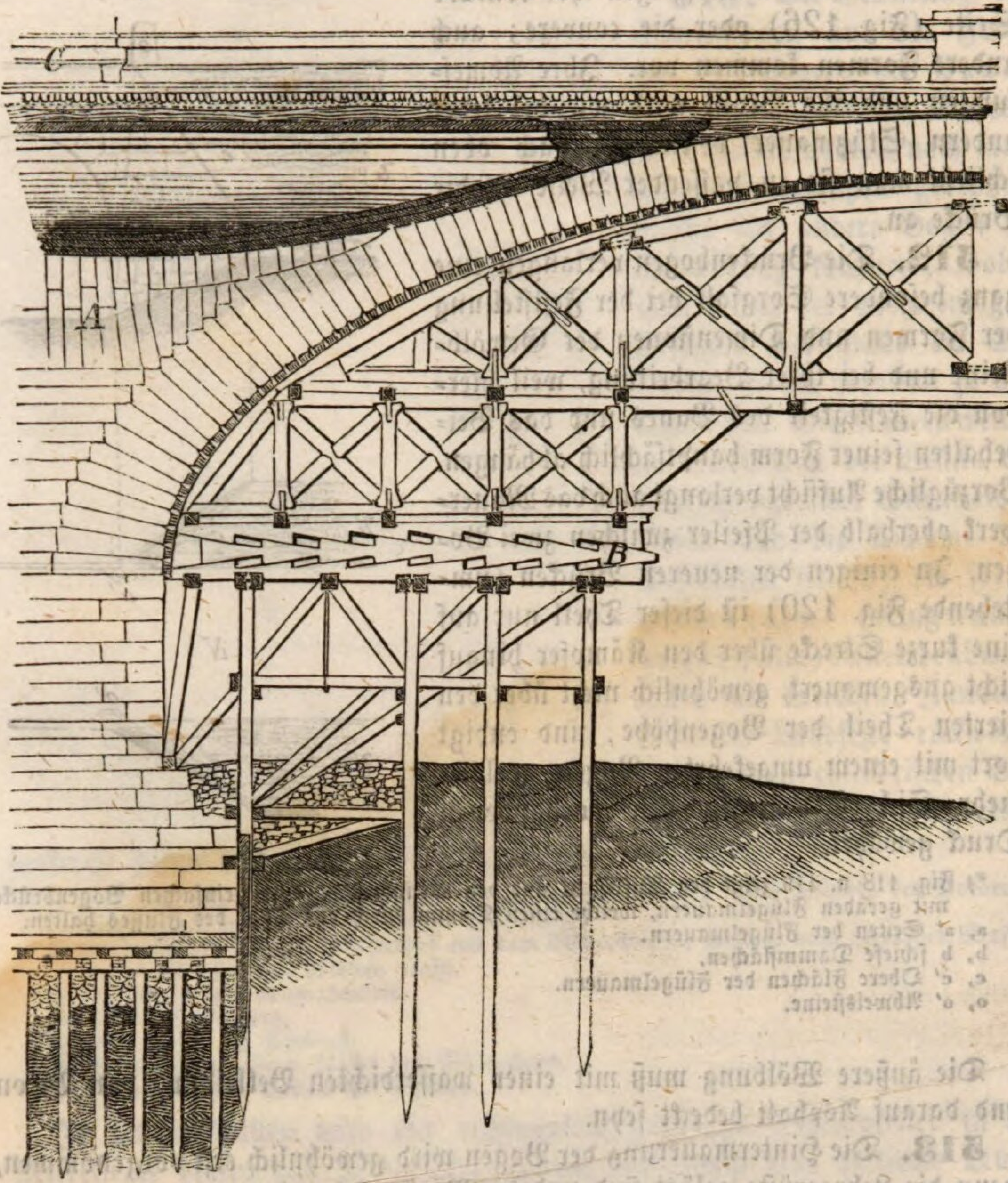
512. Die Brückenbogen verlangen eine ganz besondere Sorgfalt bei der Feststellung der Formen und Dimensionen der Gewölbsteine und bei ihrer Bearbeitung, weil hiervon die Festigkeit des Baues und das Beibehalten seiner Form hauptsächlich abhängen. Vorzügliche Aufsicht verlangt auch das Mauerwerk oberhalb der Pfeiler zwischen zwei Bogen. In einigen der neueren Brücken (umstehende Fig. 120) ist dieser Theil nur auf eine kurze Strecke über den Kämpfer hinauf dicht ausgemauert, gewöhnlich nicht über den vierten Theil der Bogenhöhe, und endigt dort mit einem umgekehrten Bogen, welcher mehr Sicherheit gegen den vorhandenen Druck gewährt.

*) Fig. 118 u. 119 zeigt den Aufriß **M** und den Grundriß **N** einer einfachen Bogenbrücke mit geraden Flügelmauern, welche einen Damm durch das Thal des Flusses halten.
a, a' Seiten der Flügelmauern.
b, b schiefe Dammflächen.
c, c' Obere Flächen der Flügelmauern.
o, o' Abweissteine.

Die äußere Wölbung muß mit einer wasserdichten Bekleidung von Beton und darauf Asphalt bedeckt seyn.

513. Die Hintermauerung der Bogen wird gewöhnlich erst vorgenommen, wenn die Lehrgerüste gelöst sind und die Bogen sich gesetzt haben, so daß die Fugen in diesen Schichten nur durch den Temperaturwechsel Änderungen in ihrer Lage erleiden können. Die Dicke der Stirnmauern hängt von der Art wie die Straße getragen wird, ab. Geschieht dieß durch eine Füllung mit Erde, so muß die Dicke der Stirnmauer so berechnet werden, daß diese nicht nur den Erddruck aushalten können, sondern diesem auch noch genügenden Widerstand leisten, wenn durch die Stöße schwimmender Körper der Verband der Steine gelöst ist. Die bessere Methode die Straßenbahn zu unterstützen, welche jetzt allgemein gebraucht wird, mit Ausnahme der ganz flachen Bogen, besteht darin, das Straßenmaterial entweder auf breite Platten (Fig. 120 und 121) zu legen, welche auf dünnen, parallel mit den Stirnmauern erbauten Backsteinmauern ruhen, welch letztere selbst wieder auf den Bogen und Pfeilern aufgeführt sind; oder das Straßenmaterial liegt auf kleinen Bogen, welche die eben genannten Mauern verbinden (Fig. 122), oder endlich auf einem Systeme von kleinen Kreuzgewölben, welche auf Pfeilern ruhen, die

Fig. 120. *)



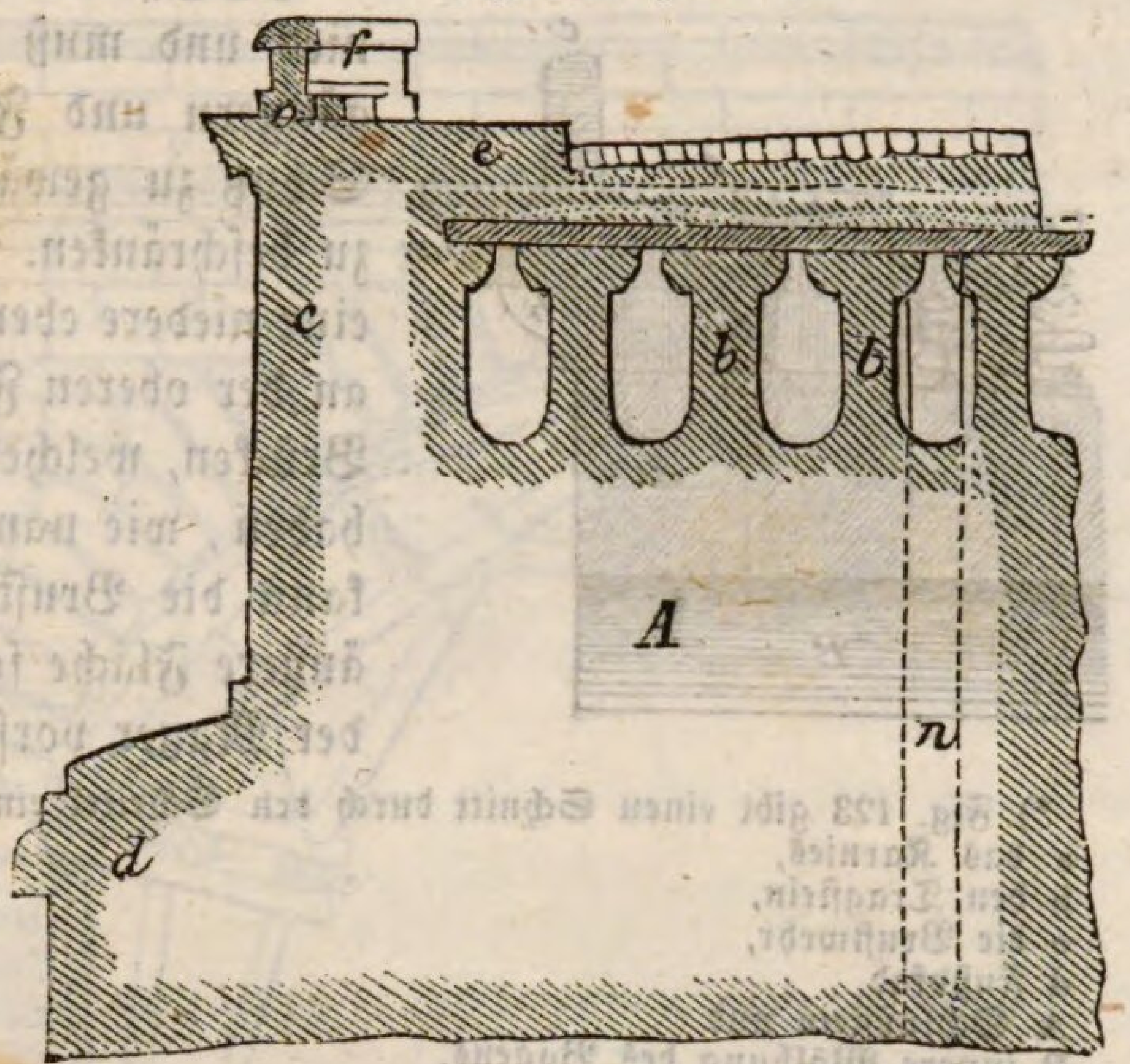
*) Fig. 120 zeigt einen Langendurchschnitt eines Pfeilers, eines Bogens und des dazu gebrauchten Lehrgerüstes von der neuen London=Brücke über die Themse.
A umgekehrter Bogen über dem Pfeiler.
B die Auslösung des Lehrgerüstes.
C Platz zu Sitzbänken über dem Pfeiler.

auf den Pfeilern und Bogen der Brücke stehen. Wenn eine dieser Methoden gebraucht wird, so erhalten die Stirnmauern eine mittlere Dicke von $^1/_5$ ihrer Höhe über der dichten Hintermauerung.

514. Oberbau. Der Oberbau einer Brücke besteht aus einem Karniese, der Straße mit den Fußwegen 2c. und einer Brustwehr.

Der Zweck des Karnieses ist der Schutz der Stirnmauern gegen Regen. Hierzu sollte der Vorsprung desselben um so größer seyn, je höher die zu schützende Mauer ist. Nach dieser Regel erhält man ein Karnies mit Tragsteinen, wenn der freiliegende Theil sich nicht selbst tragen kann oder doch dieses befürchten läßt. Die Höhe des Karnieses mit Einschluß seiner Träger

Fig. 121. *)



*) Fig. 121 zeigt ein Profil von Fig. 120 durch das Mittel eines Pfeilers, worin man die Anordnung der Straßenbahn und ihrer Trockenhaltung sieht.

A Mauerung des Pfeilers und Hintermauerung des Bogens.
b, b Mauern parallel mit den Stirnmauern, welche Platten tragen, auf welchen die Straße liegt.
c Stirnmauern mit Strebepfeiler über dem Pfeilerkopfe d.
e Fußweg.
f Ruheplatz mit Bänken.
o Gesims und Brustwehr.
n Ableitung des Wassers, das sich in den beiden Rinnen auf den Seiten der Straßenbahn sammelt.

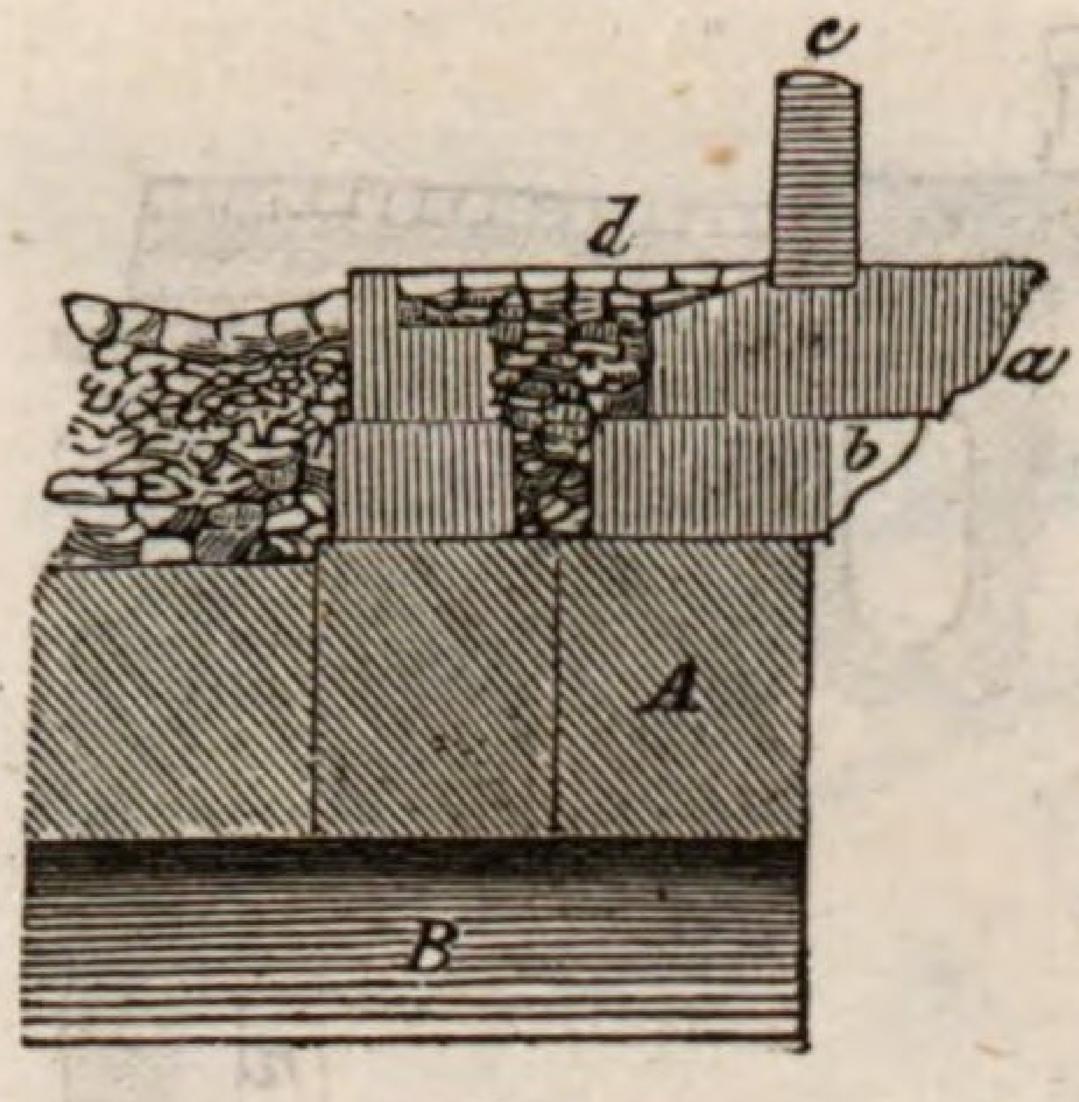
Fig. 122. *)



*) Fig. 122 zeigt einen Schnitt durch die Achse eines Brückenpfeilers, bei welchem die Straßenbahn durch kleine Bogen getragen wird.

soll im Allgemeinen seinem Vorsprunge gleich seyn; dieß verlangt oft mehr oder weniger Detail in dem Profile, um das Ganze nicht schwer erscheinen zu lassen. Die obere Fläche des Karnieses soll etwas über dem Fußweg liegen und schwach nach außen geneigt seyn; den Boden muß man mit einer Traufplatte versehen, um das Wasser von der Seite der Mauer abzuleiten.

Fig. 123.*)



516. Die Brustwehr überragt das Karnies und muß hoch genug seyn, um Fußgängern und Fuhrwerken den erforderlichen Schutz zu gewähren, ohne jedoch die Aussicht zu beschränken. Die Brustwehr ist gewöhnlich eine niedere ebene Mauer aus Quadern, welche an der oberen Fläche schwach gewölbt ist. Bei Brücken, welche den Charakter der Leichtigkeit haben, wie namentlich die mit flachen Bogen, kann die Brustwehr durchbrochen seyn. Die äußere Fläche soll nicht über die Stirnflächen der Mauer vorspringen. Die Steine, besonders die obersten, müssen gut verbunden seyn, wozu man kupferne und eiserne Klammern verwendet.

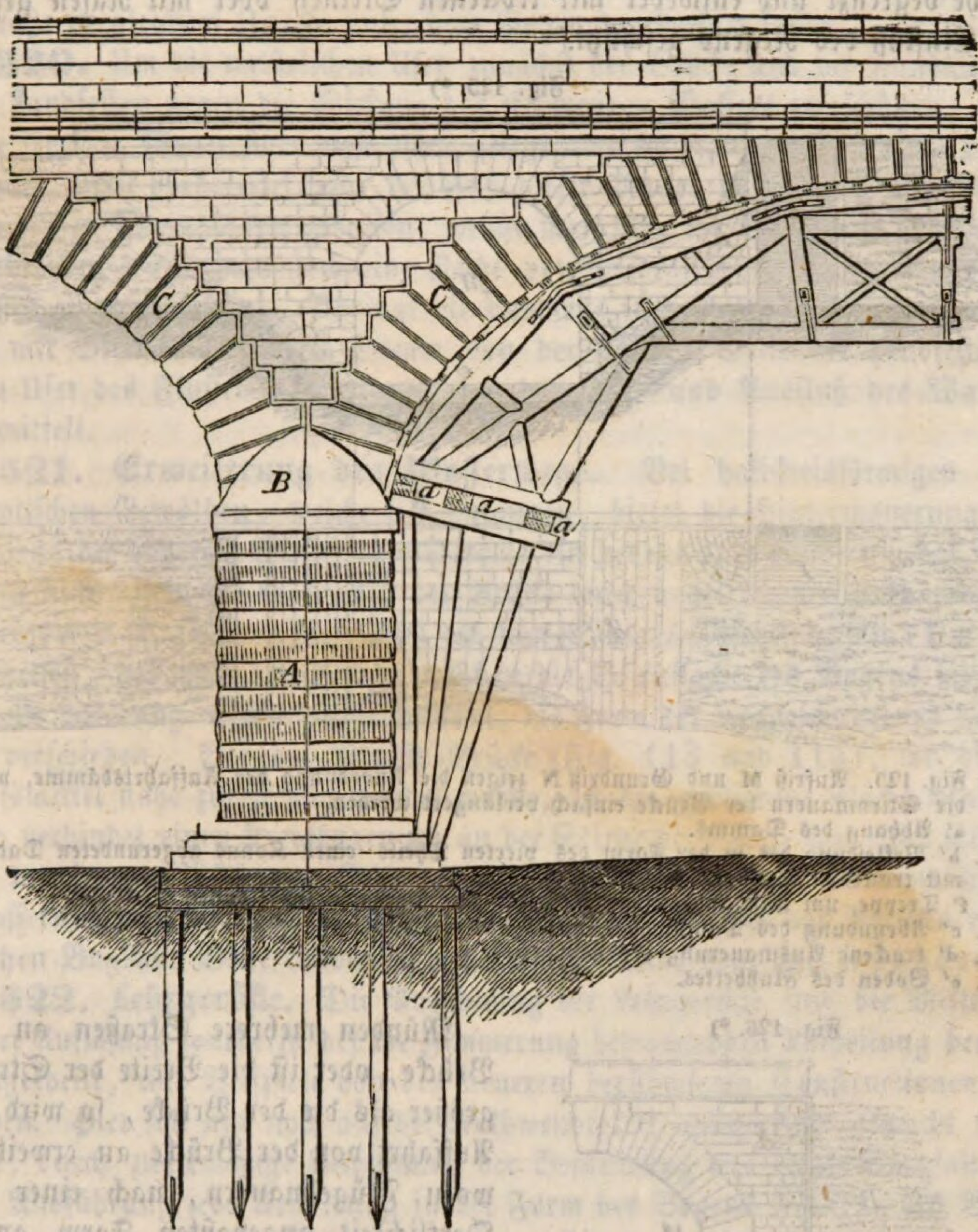
*) Fig. 123 gibt einen Schnitt durch den Scheitel eines Brückenbogens und zeigt
a das Karnies,
b den Tragstein,
c die Brustwehr,
d Fußpfad.
A Schlußstein und
B innere Wölbung des Bogens.

517. Die Breite der Fahrbahn und der Fußwege wird nach der Oertlichkeit bestimmt; sie ist um so größer, je größer der Verkehr ist; für etwas längere Brücken nimmt man 5 bis 7 Meter für die Fahrbahn, in Städten noch mehr. Die Bahnen sind aus Schotter oder aus Pflastersteinen hergestellt; auf beiden Seiten der Fahrbahn läßt man eine Rinne, in welche von der schwachgewölbten Bahn das Wasser sich sammelt und durch die verticalen Kanäle (Fig. 121 n) in den Pfeilern aus einem Abflußkanal, der in der Stirn des Pfeilers unter dem tiefsten Wasserstande mündet, austritt.

518. Harte und dauerhafte Steine, mit dem Meisel oder Hammer bearbeitet, sollte man bei Brücken, deren Bogen mehr als 15 Meter Spannweite haben, allein verwenden. Das Innere der Pfeiler, der Landfesten und der Stirnmauern kann der Sparsamkeit wegen aus guten Bruchsteinen, aber mit vieler Sorgfalt beim Verband und der Mauerung hergestellt werden. Für mittlere und kleine Spannweiten kann man eine gemischte Mauerung aus Quadern und Bruchsteinen oder Backsteinen anwenden, zuweilen auch Backsteine allein. In all diesen Fällen (Fig. 122 und 124) müssen zu den Pfeilerköpfen, den Schichten des Fundamentes, den Kämpfern, den Bogen an den Stirnflächen und den Schlußsteinen gute gehauene Steine genommen werden. Das andere kann aus lagerhaften Bruchsteinen oder ganz guten Backsteinen für die Stirnflächen und mit guten Bruchsteinen und Backsteinen für die Füllungen ausgemauert werden. Bei einer gemischten Mauerung dieser Art können die Schichten aus Quadern leicht über die andern vorspringen, was gut aussieht, besonders wenn die Fugen abgeschrägt sind, und zugleich die schwächeren Stellen gegen die Stöße schwimmender Körper schützt. Bei Brückenbauten darf man nur hydraulischen Mörtel verwenden.

519. **Auffahrten (approaches; avenues).** Die Anordnung der Auffahrten hängt ab von der Zahl und Richtung der Straßen, welche an der

Fig. 124. *)



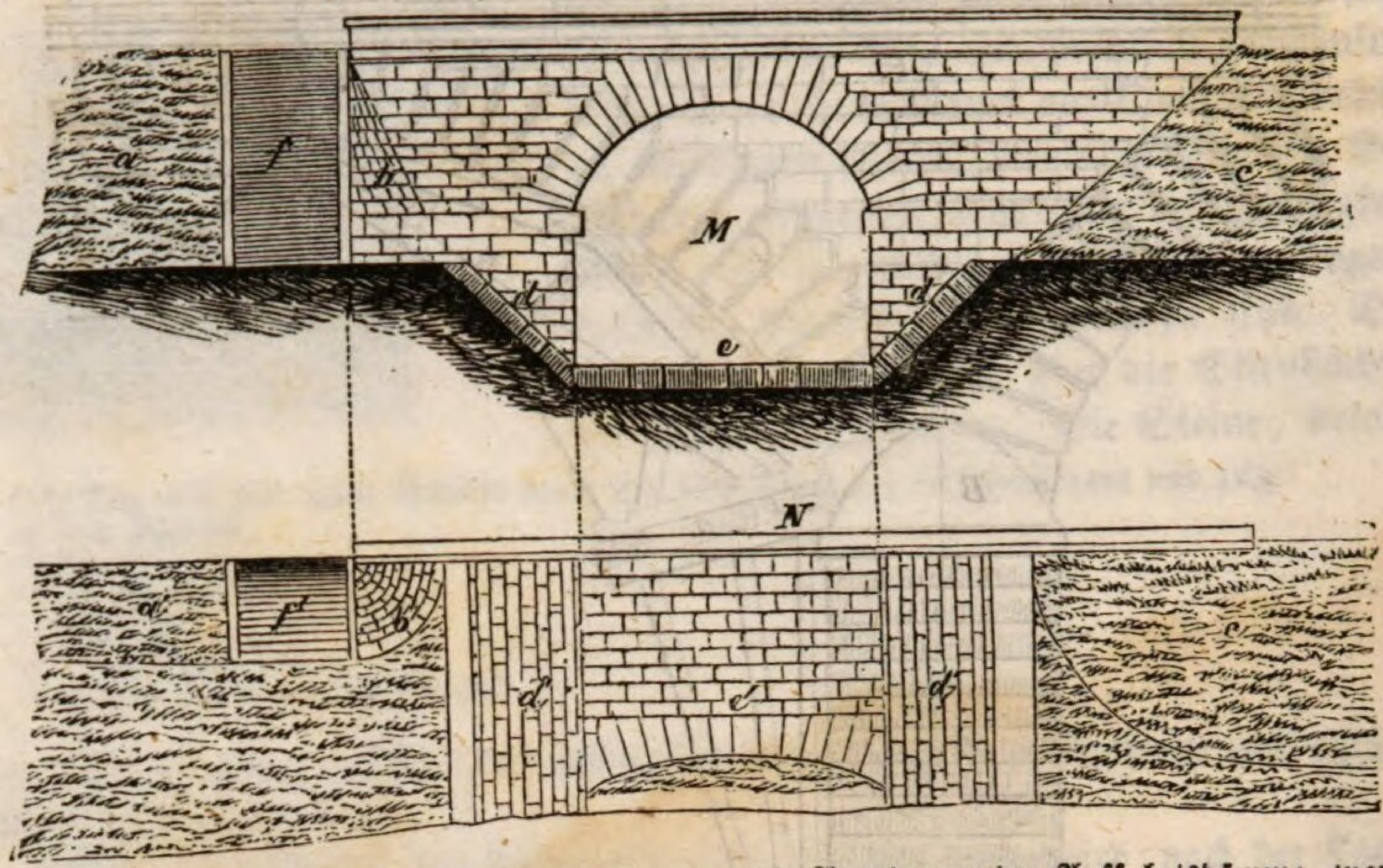
*) Fig. 124 der Aufriß eines Pfeilers und zweier Bogen der Brücke, von welcher Fig. 122 einen Durchschnitt gibt.
A Ansicht des Pfeilerkopfes.
B Kappe.
C Gewölbsteine mit abgeschrägten Kanten.

Brücke münden, der Breite und Lage dieser Straßen, und endlich der Oertlichkeit. Die Hauptpunkte, welche man hierbei im Auge haben muß, sind: den Fuhrwerken einen leichten und sicheren Zugang zur Brücke zu verschaffen und dabei doch die Gelegenheit zur Schifffahrt unter den äußersten Bogen nicht unnöthig zu beschränken.

Gelangt man zur Brücke auf einem Damme, welcher in der Fortsetzung der Brückenbahn liegt, so kann man, wenn die Straße und die Brücke gleiche Breite haben, die Stirnmauern der Brücke (Fig. 125) so weit fortsetzen, daß der Fuß des abgeschrägten Dammes einige Fuße jenseits des obern Randes des Flußbettes fällt. Das Ende des Dammes wird dann nach einer conischen

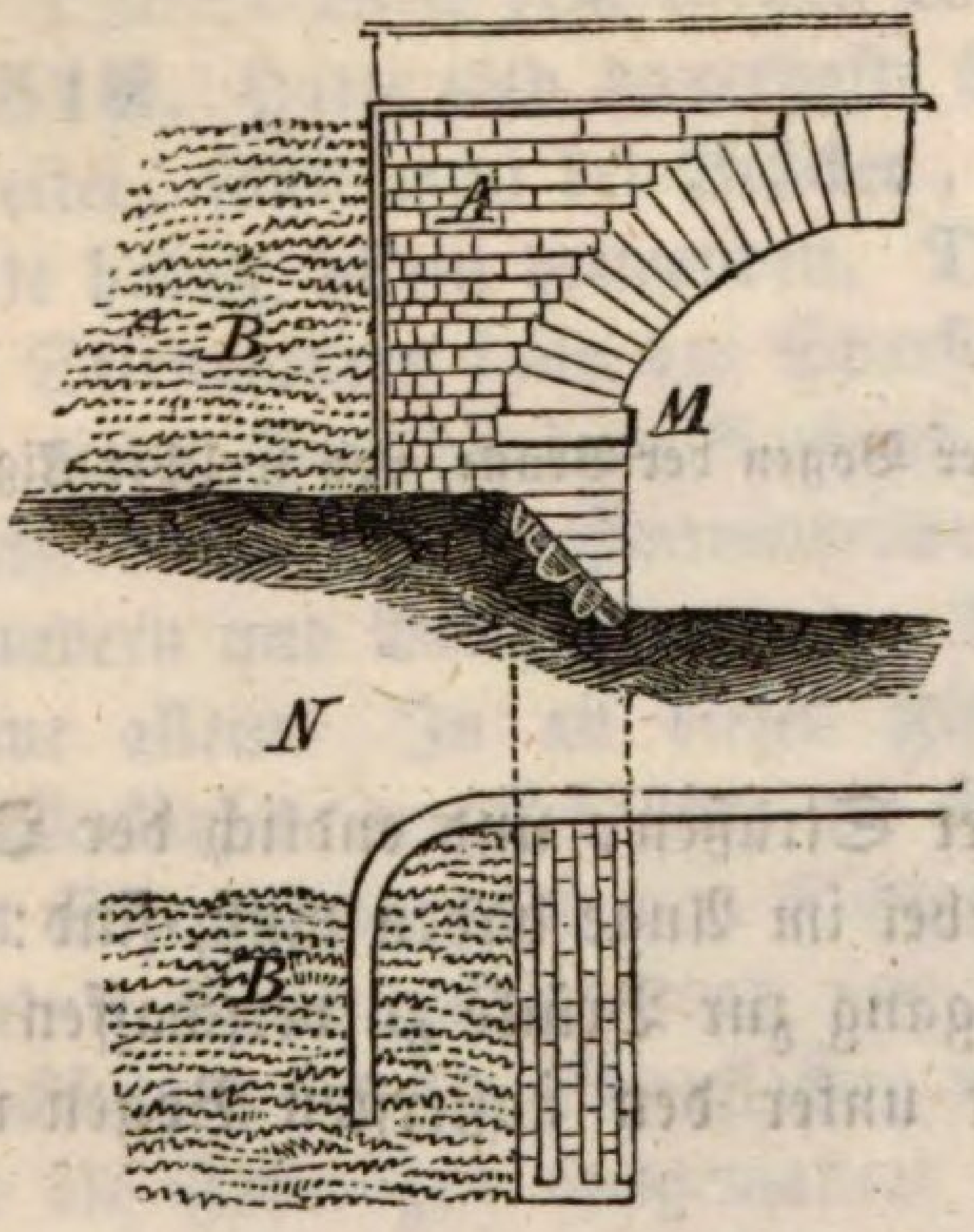
Fläche begrenzt und entweder mit trockenen Steinen oder mit Rasen gegen den Einfluß des Regens geschützt.

Fig. 125. *)



*) Fig. 125. Aufriß M und Grundriß N zeigen die Anordnung der Auffahrtsdämme, wenn die Stirnmauern der Brücke einfach verlängert werden.
a, a' Abhang des Damms.
b, b' Bekleidung des in der Form des vierten Theils eines Konus abgerundeten Damms mit trockenen Steinen.
f, f' Treppe, um Fußgängern das Besteigen des Dammes zu erlauben.
c, c' Abrundung des Dammendes, mit Rasen bekleidet.
d, d' trockene Ausmauerung des Flußbettes.
e, e' Boden des Flußbettes.

Fig. 126. *)



Münden mehrere Straßen an der Brücke, oder ist die Breite der Straße größer als die der Brücke, so wird die Auffahrt von der Brücke an erweitert, wozu Flügelmauern, nach einer der Oertlichkeit angepaßten Form angebracht werden. Flügelmauern mit einer concaven Außenfläche werden gewöhnlich angebracht, wenn sie in ihrer Form und Stärke zu der Localität passen. Werden diese Mauern aus gehauenen Steinen erbaut, so sind sie schwieriger zu construiren und kostspieliger als ebene Mauern.

Um die Communication längs der Ufer nicht zu unterbrechen, muß man in vielen Fällen einen Bogendurchgang für Pferde und Fuhrwerke hinter der Landfeste unter der Auffahrt anbringen. Wo die Form des Brückenbogens

*) Fig. 126. M ein Aufriß und N ein Grundriß einer krummen Flügelmauer.
A vordere Ansicht derselben.
B, B' Abhang des Dammes.

es zuläßt, wie bei flachen Bogen, kann man auch vor dem Widerlager eine Straße zu gleichem Zwecke unter dem Bogen durchgehen lassen.

520. Um die natürlichen Ufer zunächst der Brücke und die Fundamente der Landfesten gegen die Wirkung des strömenden Wassers zu schützen, wird eine trockene Mauer über diese Ufer gelegt, welche man zur Aufnahme dieser Mauer zuerst vorbereitet hat; der Fuß dieser Mauer wird durch eine Masse von losen Steinblöcken gehalten, welche man über die Sohle des Flußbettes ausbreitet, wozu man noch eine Reihe von quadratischen Pfählen längs des Fußes eintreiben kann. Springt die Landfeste in das Flußbett vor, so wird ein mit Steinen bekleideter Damm von der vordern Seite der Landfeste zu dem Ufer des Flusses geführt, welcher den Ein- und Ausfluß des Wassers vermittelt.

521. Erweiterung des Wasserwegs. Bei halbkreisförmigen und elliptischen Gewölben, welche tief anfangen, bietet die Hintermauerung des Bogens bei höherem Wasser dem Strome ein bedeutendes Hinderniß dar, wodurch nicht allein die Sicherheit der Brücke durch angetriebenes Holz und Eis gefährdet wird, sondern diese auch ein schwerfälliges Ansehen erhält. Um hier zu helfen, hat man den Winkel welchen die Stirnfläche des Bogens mit der innern Wölbung macht, weggeschnitten; die Form der weggeschnittenen Masse ist verschieden. Bei der Neuilly-Brücke (Fig. 113 und 114), wo dieses Hilfsmittel nahe zuerst angewendet wurde, ist die gebliebene Fläche windisch und verbindet einen Kreisbogen no an der Stirne der Brücke mit einer Ellipse an der innern Wölbung. Dadurch wird an jedem Bogen ein windschiefer Wasserweg erhalten, und bei hohem Wasser erhält der Bau das Ansehen eines flachen Bogens. Diese conoidischen Abschnitte nennt man auch K u h h ö r n e r.

522. Lehrgerüste. Die Anordnung der Lehrgerüste und die Mittel zu ihrer Auflösung wurde in der die Zimmerung betrachtenden Abtheilung bereits mitgetheilt, und Beispiele von den neueren berühmteren Constructionen gegeben. Hier soll nur noch auf die Nothwendigkeit aufmerksam gemacht werden, durch zweckmäßige Anordnung der Verbindung wie durch Sorgfalt auf die Ausführung jede Aenderung in der Form des Bogens während des Baus zu vermeiden. Die englischen Ingenieure sind darin im Allgemeinen glücklicher gewesen als die französischen. Die letzteren haben bei mehreren ihrer schönsten Brücken für die Lehrgerüste mehrere ineinander liegende polygonale Zimmerwerke benützt, welche mit kurzen Seiten so ineinander beschrieben sind, daß immer eines das andere in der Mitte der Seiten unterstützt. Die Seiten jedes Rahmens sind ineinander gefügt, und die Stellung der verschiedenen Rahmen gegeneinander durch paarweise, mit den Rahmen verkrümmte und durch Schrauben zusammengehaltene radiale Hölzer gesichert. Eine Verbindung dieser Art kann nur unter einer gleichmäßig über sie verbreiteten Last ihre Form behalten; unter den gewöhnlichen Umständen, die bei der Erbauung eines Bogens vorkommen, bewegen sich diese Lehrgerüste, indem sie zuerst an dem Scheitelpunkt steigen, und dann, wenn der Schlußstein und die anliegenden Gewölbsteine gelegt werden, sich wieder senken. Die englischen Ingenieure haben gewöhnlich solche Verbindungen gewählt, in welchen die Pressungen direct auf feste Stützpunkte übertragen werden, wobei dann in dem Lehrgerüste

keine weitere Formänderung vorkommen kann, als die durch die Verkürzung oder Verlängerung der Theile des Zimmerwerks entstehen.

523. Allgemeine Bemerkungen. Die Brückenbaukunst ist in neuerer Zeit zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gelangt, beides was Form und was Ausführung anlangt. Frankreich ist hierin vorangegangen und das übrige Europa, besonders Großbritannien hat würdig ihm nachgeeifert. Europa ist überdeckt mit einer Unzahl schöner Bauwerke dieser Art, welche das Bestreben für die öffentliche Wohlfahrt sowohl als für den Fortschritt der Industrie und der schönen Künste beurkunden. Für den Fortschritt in diesem Zweige der Baukunst ist Frankreich seiner Schule und seinem Corps der **Ponts et Chaussées** hauptsächlich verpflichtet; diese Einrichtungen haben ihm von dem berühmten Perronet an eine lange Reihe von Namen geliefert, die ausgezeichnet in den Wissenschaften und Künsten des Ingenieurs dastehen.

England, obwohl in einigen Theilen der mechanischen Künste über Frankreich stehend, steht doch diesem in der Wissenschaftlichkeit seiner Ingenieure nach. Ohne eine Schule, wie sie Frankreich besitzt, haben die englischen Ingenieure, als ein Körper, bis vor wenigen Jahren unter dem Nachtheil gearbeitet, keines jener Institute zu haben, welche indem sie ein gemeinsames Band der Vereinigung bilden, nicht allein dazu dienen Kenntnisse über den ganzen Körper zu verbreiten, sondern auch dem Verdienste zur Anerkennung zu verhelfen und durch einen erleuchteten Corpsgeist die Anmaßungen unwissenden Vordrängens und scheelsüchtige Böswilligkeit niederzuhalten. Obgleich so als Körper weniger vortheilhaft gestellt als ihre bevorzugteren Brüder in Frankreich, können doch die englischen Ingenieure mit Stolz nicht nur auf ihre Bauwerke, sondern auch auf einzelne Namen unter ihnen zeigen, welche vollendet unter den eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche der Selbstbildung immer warten, jetzt in der ersten Linie derer stehen, deren Geist die industriellen Künste weiter geführt und veredelt haben.

Die übrigen europäischen Staaten haben ebenso zur Vervollkommnung der Brückenbaukunst beigetragen, wenn schon ihre Erfolge weniger weit durch ihre Veröffentlichungen bekannt wurden, als die von Frankreich und England. Unter den vielen Brücken von Italien können besonders benannt werden der weit bekannte Rialto, die Brücke **Santa Trinita** zu Florenz, deren Wölblinie so lange ein mathematisches Räthsel war, und der neue einfache Bogen über den **Dora Riparia** in der Nähe von Turin.

In den vereinigten Staaten haben die dringenden Bedürfnisse eines jungen Volkes, das noch ohne die Aufhäufung von Capital ist, mit welchem allein große und dauernde Monumente errichtet werden können, verhindert, daß im Brückenbau Vieles geschehen ist, was nicht den Charakter des Zeitweisen hat. Die Brücken, Viaducte und Aquaducte von Stein sind in unsrer Gegend beinahe ohne Ausnahme von ländlicher Arbeit nach ökonomischen Betrachtungen. Die Wahl dieser Art von Mauerung hat, abgesehen von ihrer Wohlfeilheit, das Verdienst, zu der Umgebung zu passen, wenn mehrere solche Bauten dort sind. Unter den Werken dieser Classe kann die Eisenbahnbrücke über den Patapsco, der Thomas-Viaduct, genannt werden, auf der Eisenbahnlinie von Baltimore und Washington, entworfen und erbaut von Latrobe,

dem Ingenieur dieser Bahn. Es ist dieß eine von den wenigen Brücken mit krummer Bahnlinie. Der Ingenieur hat sehr glücklich die doppelte Schwierigkeit überwunden, eine gekrümmte Axe zu haben und dabei keine Arbeiter, welche fähig sind, complicirtere Steinschnitte auszuführen, indem er Halbkreistonnengewölbe auf Pfeiler mit trapezförmigem Querschnitt stellte. Dieser Bau bietet, mit Ausnahme einiger Einzelnheiten, wie das schwache eiserne Geländer z. B., einen großartigen Anblick dar und gibt der Einsicht und Geschicklichkeit des Ingenieurs das beste Zeugniß. Der schöne einzelne Bogen, bekannt als der Carrolton-Viaduct auf der Baltimore- und Ohio-Eisenbahn, ist ebenso empfehlend für das Wissen und das Geschick seines Erbauers. Eine der längsten Brücken der vereinigten Staaten, entworfen und theilweise in Stein ausgeführt, ist der Potomac-Aquaduct zu Georgetown, wo der Chesapeake und Ohio-Canal den Potomacfluß durchkreuzen. Dieses Werk, zu welchem ein hölzerner Ueberbau gemacht wurde, wurde unter der Leitung des Capitän Turnbull von den topographischen Ingenieuren der vereinigten Staaten erbaut.

524. Die folgende Tafel enthält die wichtigsten Angaben über die bekanntesten steinernen Brücken von Europa.

Name der Brücke.	Fluß.	Form der Bogen.	Zahl der Bogen.	Größte Spannweite.	Pfeilhöhe der Bogen.	Höhe des Schlußsteins.	Weite zwischen den Stirnen.	Jahr der Erbauung.	Name des Erbauers.
				Mtr	Mtr	Mtr	Mtr		
Vieille-Brionde.	Allier.	Segment.	1	—	—	—	—	1454	Grenier und Estone.
Rialto.	—	"	1	—	—	—	—	1578	Michel-Angelo.
Clair.	Drac.	"	1	—	—	—	—	1611	—
Neuilly. (A)	Seine.	Elliptisch.	5	—	—	—	—	1774	Perronet.
Lavaur.	Agout.	"	1	—	—	—	—	1775	Saget.
St.-Maxence. (B)	Oise.	Segment.	3	—	—	—	—	1784	Perronet.
Gignac.	Erault.	Elliptisch.	1	—	—	—	—	1793	Garipuy.
Jena. (C)	Seine.	Segment.	5	—	—	—	—	1811	Lamandé.
Rouen.	" "	"	5	—	—	—	—	1813	Lamandé.
Waterloo. (D)	Themse.	Elliptisch.	9	36,6	10,7	1,49	13,4	1816	Rennie.
Gloucester. (E)	Severn.	"	1	45,7	16,5	1,37	10,7	1827	Telford.
London. (F)	Themse.	"	5	46,3	11,5	1,52	17,1	1831	Rennie.
Turin. (G)	Dora Riparia.	Segment.	1	44,8	5,5	1,49	12,2	—	Mosca.
Grosvenor (H).	Dee.	"	1	61,0	12,8	1,22	—	1833	Hartley.

A. Dieses schöne Bauwerk, entworfen und ausgeführt von dem berühmten Perronet, bildet in der Brückenbaukunst durch die Kühnheit des Entwurfs, die ausgezeichnete Ausführung und seine einfache Schönheit Epoche. Die innere Wölblinie ist eine Korblinie von 11 Mittelpunkten; der kleinste Krümmungshalbmesser ist 6,37 Meter, der größte für den Scheitel 48,49 Meter. Der Erbauer erweiterte das Gewölbe an den Stirnflächen durch sogenannte Kuhhörner, indem er die innere Wölbung mit den Stirnflächen durch eine windschiefe Fläche verband, welche einerseits durch ein Kreissegment, das durch den Scheitel des Gewölbes und die oberen Punkte der Pfeilerköpfe geht, anderer-

seits durch zwei durch verticale Ebenen auf der innern Wölbfläche abgeschnittene Curven. Diese Ebenen sind gegen die Achse des Gewölbes geneigt und gehen durch den Scheitel des Bogens. Der Zweck dieser Anordnung ist zweifach; erstlich gibt sie der Brücke bei hohem Wasserstande ein leichteres Ansehen und zweitens erleichtert sie bei hohem Wasserstande den Abfluß des Wassers.

Die Mittellinie der Straßenbahn, der Karnies und alle entsprechenden architektonischen Linien sind horizontal, welche Anordnung seitdem der Name Perronet's klassisch gemacht hat, und welcher man bei manchen neueren Brücken wahrhaft wesentliche Bedingungen geopfert hat.

Die Landfesten sind beim Anfange des Gewölbes 9,75 Meter dick, die Pfeiler aber nur 4,21 Meter; diese sind ein Beispiel richtiger Berechnung, welche diese Theile gegen die Constructionen früherer Ingenieure außerordentlich kühn erscheinen ließ.

Die Lehrgerüste bei der Neuilly=Brücke waren nach dem fehlerhaften Polygonalsystem erbaut. Perronet war achtsam auf die Nachtheile dieser Construction, und bei keinem Theile des Baus wurden mit mehr Vorbedacht die vorausgesehenen Aenderungen und mit größerer Sorge und Geschick die nicht vorhergesehenen Zufälle gehoben. Ein Uebersehen, das ernst in seinen Folgen ist, war eine Erweiterung des Flußbettes an der Baustelle; die Folge davon war eine allmählige Ablagerung in der Nähe der Brücke, welche die Schifffahrt hindert.

Die Brücke von Neuilly ist ein schönes Denkmal des Geistes und des praktischen Geschickes ihres Erbauers. Die Architektur ist im Ganzen und den einzelnen Theilen imposant und vom besten Geschmacke.

B. Diese Brücke wurde nach den Plänen von Perronet erbaut. Verleitet durch eine vollständige Kenntniß dessen, was seine Kunst erreichen konnte, opferte er das Sicherheit=gebende Ansehen der Brücke einer großen Kühnheit und Leichtigkeit. Er bewerkstelligte dieß, indem er sehr flache Segmentbogen auf Pfeiler stellte, welche aus vier Säulen gebildet sind; die beiden, welche die Pfeilerköpfe bilden, sind mit den beiden nächsten durch eine Mauer verbunden; die beiden mittleren lassen einen Zwischenraum zwischen sich. Die Durchmesser der Säulen sind 2,92 Meter, mit einem gleich großen Raume zwischen sich.

Der Ingenieur, welcher den Bau ausführte, brachte, offenbar ängstlich für dessen Sicherheit, in die Schichten der Pfeiler und der Bogen eine große Menge von eisernen Bändern und Klammern, eine Vorsichtsmaßregel, welche wenn sie nothwendig war, hätte zur Verwerfung des Projektes führen sollen, wenn schon dieses durch die hohe Autorität Perronet's getragen wurde.

C. Diese Brücke, jetzt der **Pont de l'Ecole Militaire** genannt, und die Brücke von Rouen sind nahe nach denselben Plänen erbaut. Die erste ist ein Modell von gutem Geschmack und kunstvoller Arbeit. Ihre horizontalen Linien, ihr schönes Karnies, copirt von dem Tempel des **Mars ultor**, und die Sculpturen über den Pfeilern bilden ein Ganzes von einziger Schönheit.

D. Diese Brücke, zuerst Strandbrücke benannt, ist würdig der großen Weltstadt, in der sie steht. Der Ingenieur hat, vielleicht unter dem Einflusse der Nachbarschaft der Brücke, auf die Pfeilerköpfe dünne Säulen gestellt,

welche Ruheplätze für Fußgänger tragen, und hat so in nicht unbeträchtlichem Maaße die Brücke des imposanten Charakters beraubt, welchen ihr ihre Massenhaftigkeit und das herrliche Baumaterial ohne Zweifel gegeben hätten.

E. Die Gloucester-Brücke ist einigermaßen der Neuilly-Brücke mit Kuhhörnern nachgebildet. Der allgemeine architektonische Effekt ist der der Schwere, und die Verzierungen von zweifelhaftem Geschmack. Die Details der Construction zeugen von dem außerordentlichen Geschick und der Zuverlässigkeit des großen Ingenieurs, der sie entworfen und ausgeführt hat.

F. Die London-Brücke des Sir John Rennie gehört in jeder Hinsicht unter die Meisterwerke der Brückenbaukunst. Was Kühnheit, Festigkeit, Einfachheit, Massenhaftigkeit ohne Schwere und ein glückliches Anpassen an die Oertlichkeit anlangt, steht sie unübertroffen da. Die Schönheit, welche gewöhnlich in der Horizontalität der Brücke gesucht wird, ist hier weislich einer gut berechneten Sparsamkeit gewichen; die künstlichen Auffahrten haben sich so den vorhandenen angeschlossen, indem man die Dimensionen der Bogen von der Mitte nach außen zu abnehmen ließ. Die vollen quadratischen Strebepfeiler, welche von den Pfeilerköpfen aufsteigen und die Ruheplätze tragen, sind von augenscheinlichem Nutzen durch Verstärkung der Stirnmauern, welche beträchtlich hoch sind; sie bringen einen nicht ungefälligen Effekt hervor, indem sie die ungleichen Bogen trennen, ohne die Einheit des Hauptplans aufzuheben.

G. Dieß ist der kühnste Bogen von Stein, welcher jetzt steht, und ein glänzendes Beispiel von architektonischer Zeichnung und kunstvoller Arbeit. Die innere Wölbung ist schwach trichterförmig gehalten, was der Brücke ein fast zu kühnes Ansehen gibt. Das Karnies ist nach demselben Modell wie das der Jena-Brücke; die convexen cylindrischen Flügelmauern, welche eine Auffahrt von 44 Meter zwischen den Brustwehren geben, nebst dem andern architektonischen Zugehör haben diese Brücke zu einem Modell des guten Geschmackes gemacht. Durch das Weglassen eines gewöhnlichen architektonischen Gliedes ist vielleicht ein leichter Fehler zu großer Nacktheit in den Augen des strengen Kunstrichters entstanden, und ihre Schönheit ist hierdurch in etwas verunglimpft.

Die Widerlager dieser Brücke sind an den Fundamenten 12,2 Meter dick und sind außer den Flügelmauern durch zwei 6 Meter lange und 3 Meter dicke Strebmauern verstärkt.

H. Die Spannweite dieser Brücke ist die größte bekannte. Dem Auge bietet diese Brücke aber wenig Empfehlenswerthes dar.

525. Das Verfahren beim Brückenbau ist jetzt im Allgemeinen in der ganzen civilisirten Welt dasselbe. In Frankreich hat man in der letzten Zeit das Gründen mit Versenkkasten dem mit Fangdämmen vorgezogen; bei dem Oberbau haben die dortigen Ingenieure zwischen dem Bogen und der Straße dicht aufgefüllt. Bei einigen ihrer Brücken, wie z. B. der zu Bordeaux, wo man für die Stabilität der Pfähle fürchtete, wurde eine Mauerung aus Steinen und Backsteinen angewendet und die Straße durch leichte Kreuzgewölbe von Backsteinen getragen. Unter den neueren Brücken in Frankreich, welche etwas Abweichendes in ihrer Construction haben, kann die von Souillac über

die Dordogne genannt werden. Der Fluß ist sehr reißend und das Bett ist von Kalkstein und sehr uneben, und hat tiefe Spalten, welche mit Sand und Kies ausgefüllt sind, so daß man weder Versenkkasten noch Fangdämme anwenden konnte. Der Ingenieur Vicat, durch seine Untersuchungen über den Mörtel allgemein bekannt, erdachte um diesen Schwierigkeiten zu begegnen den Plan, die Fläche jedes Pfeilers mit einem sich der Oberfläche des Bettes genau anschließenden Fangdamme zu umgeben, und diesen mit Beton auszufüllen, um so ein Gründungsbett zu erhalten. Hierzu richtete er einen Rahmen von schwerem Holze vor, zwischen dessen horizontalen Stücken dicke Bohlenpfähle bis zu dem Boden zu einer Spundwand niedergetrieben werden konnten. Nachdem dieser Fangdamm aufgerichtet war, wurde der loose Sand und Kies ausgeschöpft, die Bodenfläche etwas geebnet und die Spalten entleert und mit Bruchstücken eines weichen Steins wieder gefüllt, welcher sich durch Stoßen fester und dichter in diese Spalten setzte als Kies und Sand. Auf die so zubereitete Oberfläche wurde das Bett von Beton in einer Dicke von 4 bis 5 Meter nach und nach in Schichten aufgetragen bis nahe unter den Niederwasserspiegel. Das Steinfundament wurde dann unter Anwendung eines gewöhnlichen Fangdammes, der auf dem Holzwerke rings um das Gründungsbett ruhte, ausgeführt. Bei dieser Brücke, wie bei der zu Bordeaux wurde das Bett vorläufig stärker belastet, als das bleibende Gewicht später war.

Um den Gründungen mehr Sicherheit zu geben, umgeben die Franzosen dieselben gewöhnlich mit einer Masse looser Steine, welche man einwirft und ihr eigenes Bett suchen läßt. Wo Pfeiler gebraucht werden und in einige Höhe über den Boden aufsteigen, gebrauchen sie zuweilen außer den loosen Steinen einen Rost von starkem Holze, der zwischen den Pfählen liegt und sie einschließt, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben und das Auswärtstreiben zu verhindern. In Flüssen mit starker Strömung, wo das Bett in Gefahr ist weggespült zu werden, wurde in einzelnen Fällen eine künstliche Bedeckung mit in Mörtel gelegten Steinen unter den Bogen und ober- und unterhalb des Pfeilers angewendet. Bei der Brücke zu Bordeaux wurden loose Steine über das Flußbett zwischen den Pfeilern ausgebreitet, und dieß hat vollkommen entsprochen, indem die Steine nach wenigen Jahren in eine feste Masse durch den thonigen Absatz des Flusses verbunden waren. Bei der eleganten gußeisernen Brücke über den Lary bei Plymouth nahm man ein ähnliches Mittel zum Schutze des Bettes, das von rutschendem Sande ist, zu Hilfe. Der Ingenieur Rendel legte zuerst eine Schichte von compactem Thon über das Sandbett, und legte dann in diesen Thon loose Steine. Diese wohlfeile Methode hat den Erwartungen des Ingenieurs vollkommen entsprochen.

Die englischen Ingenieure haben besonders die Lehrgerüste verbessert, und bei ihren kühnsten Bogen zeigte sich nach der Auslösung des Lehrgerüstes nie eine Senkung des Bogens, wie sie den französischen Ingenieuren gewöhnlich vorkamen, es sey denn in Folge eines großen Fehlers in dem Plane oder sehr unvollkommner Ausführung. Bei ihren neueren Brücken liegt die Straße entweder auf Platten, die auf leichten Mauern parallel mit den Stirnmauern liegen, oder die Straße ruht auf leichten cylindrischen Gewölben. Bei den Gründungen haben sie gewöhnlich den Fangdamm vorgezogen, welcher wenn

auch in manchen Localitäten kostspieliger, eine größere Leichtigkeit und größere Sicherheit der Ausführung gewährt. Bis vor Kurzem ist in England bei weitem nicht die ausgedehnte Anwendung von Beton vorgekommen wie in Frankreich.

Hölzerne Brücken.

526. Eine hölzerne Brücke besteht wesentlich aus drei Theilen, erstlich den Pfeilern und Widerlagern, welche dem Zimmerwerke der Brücke als Stützpunkte dienen; zweitens diesem Zimmerwerke, welches den Oberbau zwischen diesen Stützpunkten trägt, und drittens aus dem Oberbaue, nämlich der Straße, der Brustwehr, der Bedachung 2c.

527. Die Landfesten und Pfeiler können von Stein seyn oder von Holz; die ersten sind den anderen vorzuziehen theils wegen ihrer größeren Dauerhaftigkeit, theils weil sie den Zufällen gegenüber, denen Brückenpfeiler durch Fluthen, Eis u. dergl. ausgesetzt sind, mehr Sicherheit gewähren.

528. Die Form, Abmessungen und die Construction der steinernen Landfesten und Pfeiler hängt bei hölzernen Brücken wie bei denen von Stein von der Localität und der Art des gewählten Zimmerwerkes ab. Ist dieses so construirt, daß kein Seitenschub stattfindet, so müssen die Pfeiler so stark seyn, daß sie das Gewicht der Brücke tragen und zugleich den Stößen welche bei Anschwellungen und durch Eis auf sie geschehen, widerstehen können.

Für die Landfesten ist außerdem der Druck des Erddammes der Auffahrt zu berücksichtigen.

529. Uebt die Brücke einen Seitenschub auf die Pfeiler aus, so muß die Form und die Stärke der Widerlager hiernach bemessen werden. Den Pfeilern gibt man hierbei zweckmäßig eine solche Stärke, daß sie den ganzen Schub von einer Seite auszuhalten vermögen, auch wenn das Zimmerwerk, etwa der Ausbesserung wegen, auf der andern Seite weggenommen worden ist. Die Pfeilerköpfe müssen in allen Fällen bis über den höchsten Wasserstand aufgeführt werden; der Theil des Pfeilers welcher die Straßenbäume trägt, kann von hieraus mit ebenen Flächen gebaut werden.

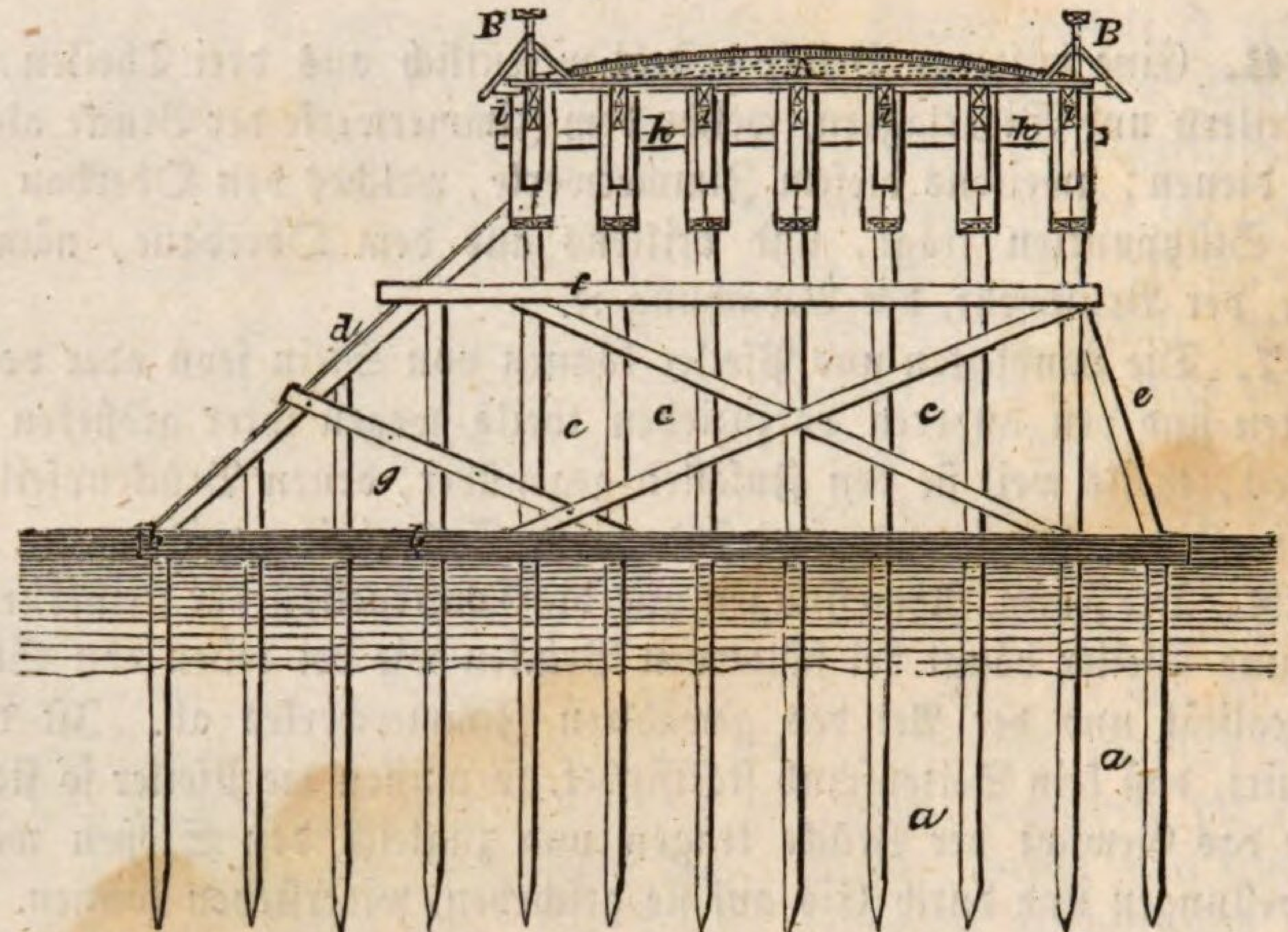
530. Hölzerne Widerlager kann man in einem Blockkasten (**cribwork**) bestehen lassen, welcher aus großen quadratischen Hölzern besteht, die man horizontal übereinander legt, um die Außenseite des Widerlagers zu bilden. Diese Stücke werden an den Enden übereinander geplattet und überdieß durch diagonale Bänder und eiserne Bolzen zusammengehalten. Den Raum zwischen den Blockwänden welche gewöhnlich in der genannten Weise nur auf drei Seiten aufgebaut werden, füllt man mit gut eingerammter Erde oder mit Trockenmauerung aus.

Ein hölzernes Widerlager von etwas ökonomischerer Art bildet ein Bollwerk. Hierzu werden in der Entfernung von einigen Fußen auseinander verticale oder schwach geneigte Pfähle eingerammt, auf welchen man einen Holm aufzapft und hinter ihnen eine Spundwand von dicken Bohlen eintreibt, welche die Erde festhält. Hölzerne Pfeiler kann man nach denselben Methoden

construiren, aber sie sind plump und in jeder Beziehung den steinernen Pfeilern oder den Jochen, wie sie später beschrieben werden, nachstehend.

531. Die einfachste Art eines hölzernen Pfeilers, Jochs (palée) besteht aus eingerammten runden oder vierkantigen Pfählen in einer Reihe, 0,6 bis 1,2 Meter auseinander. Diese Pfähle sind in gleicher Höhe abgeschnitten und in eine horizontale Kronschwelle (cap; chapeau) eingezapft oder

Fig. 127. *)

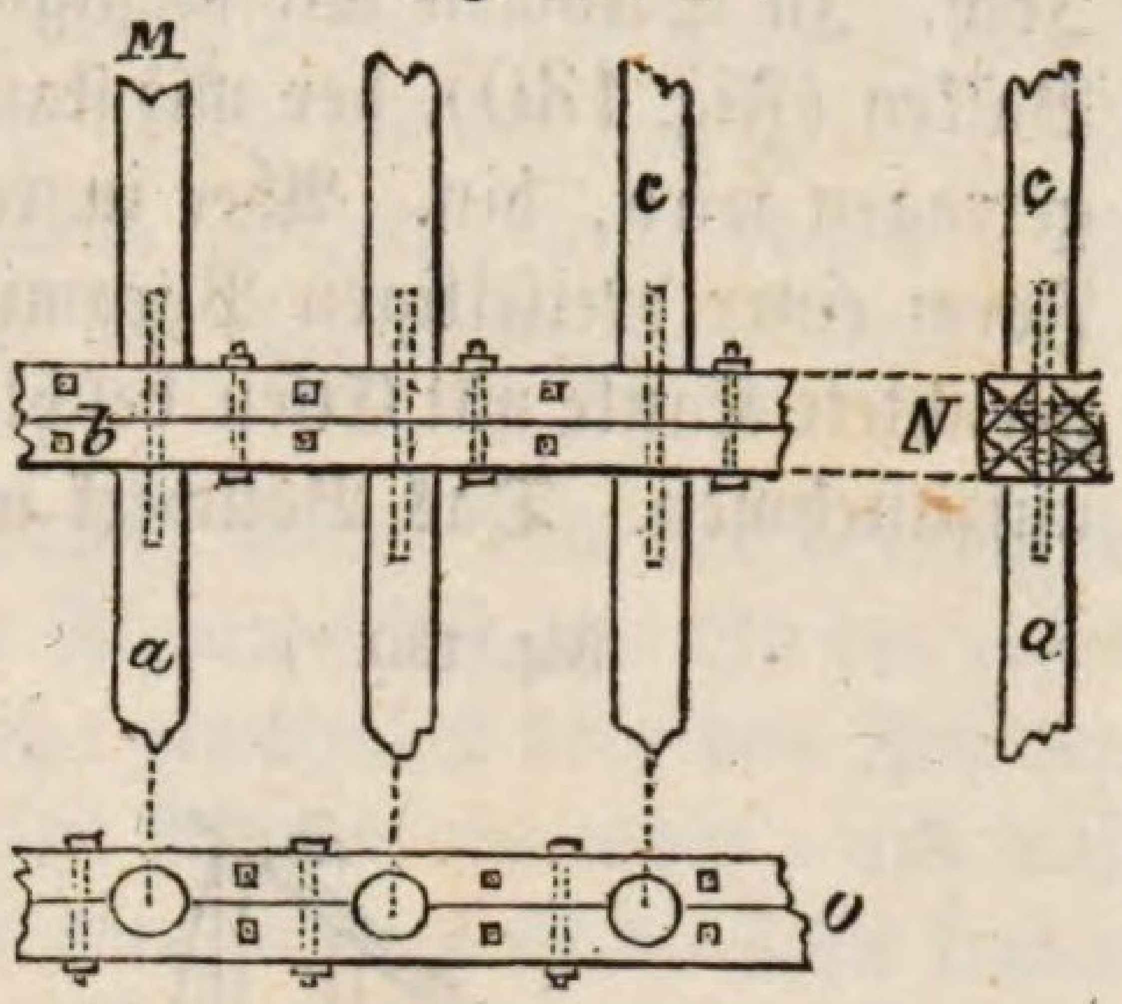


*) Fig. 127. Aufriß eines hölzernen Pfeilers oder Joches.
a, a Grundpfähle.
b, b Gurthölzer, welche die Pfosten c, c tragen, die selbst wieder die Straßenträger i, i unterstützen.
d der Eisbalken.
e unterer Schrägpfosten.
f Gurthölzer, paarweise angebracht.
g, g schiefe Gurtungen.
h Kronschwelle auf den Pfosten, unter den Straßenträgern.
A Straße.
B Brustwehr.

durch Bolzen oder Nägel daran befestigt. Andere Hölzer umfassen die Jochpfähle paarweise und sind mit denselben verkämmt, um Alles fest zu verbinden; diese Gurthölzer liegen gewöhnlich schief gegen den Horizont. Die Pfähle eines Joches liegen in der Richtung des Stroms. Wenn man es für nothwendig erachtet, bringt man noch zwei horizontale Gurthölzer gerade unter dem niedersten Wasserstande an. Bei einem Pfeiler dieser Art werden die Pfeilerköpfe durch Schrägpfähle oben und unten an dem Joche ersetzt.

532. Ein bedeutender Vorwurf, den man dieser Art von Jochen machen muß, ist die Schwierigkeit, einen der Jochpfähle nachdem er schadhaft geworden ist, auszuwechseln. Um diesem Uebel abzuhelfen hat man vorgeschlagen, starke Grundpfähle in der Richtung des Joches einzutreiben (Fig. 127 und 128), und diese Pfähle unter dem niedersten Wasserspiegel durch vier horizontale Gurtbalken zu verbinden. Die beiden oberen dieser Balken haben vier eckige Einschnitte, um die Enden der Pfosten aufzunehmen, welche auf den Grundpfählen ruhen. Das Uebrige kann wie oben angegeben construirt werden.

Fig. 128. *)

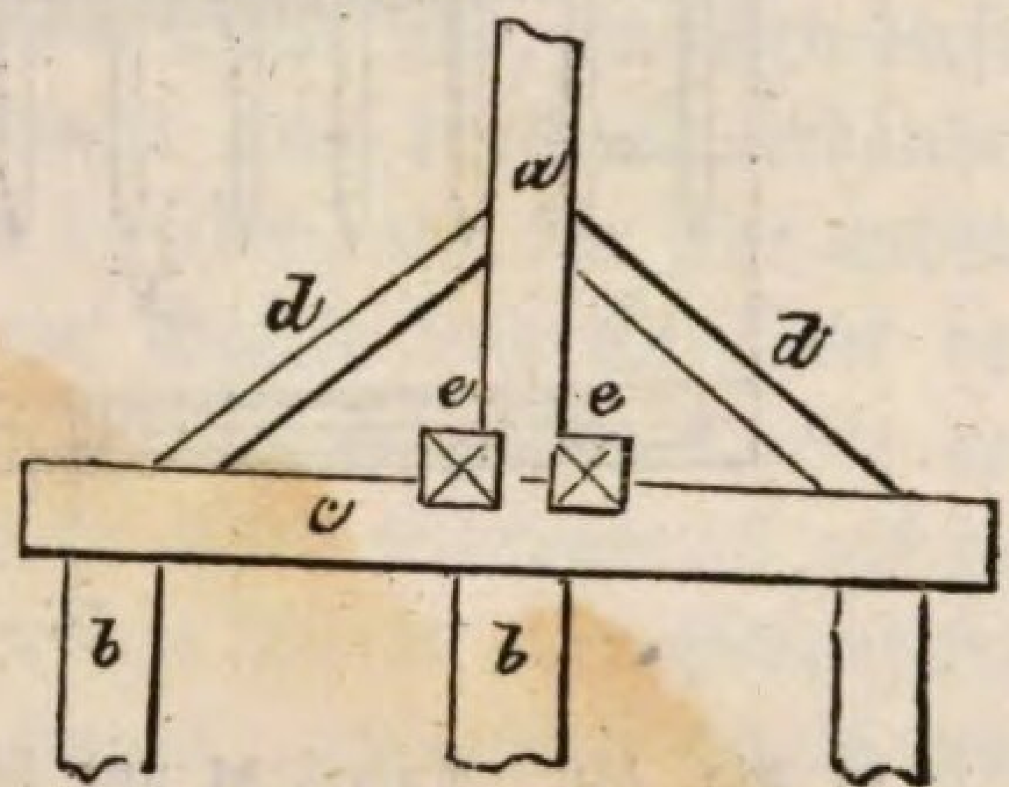


Bei dieser Anordnung können die Pfosten leicht ausgewechselt werden, und ruhen auf einem soliden, dem Verderben nicht ausgesetzten Unterbaue; auch kann man kürzere Hölzer gebrauchen.

533. In tiefem, und besonders in reißendem Wasser kann eine Reihe von Grundpfählen für ungenügend gehalten werden, den Pfosten die gehörige Stabilität zu geben; und man hat daher vorgeschlagen, dem Unterbaue hinreichende Breite

*) Fig. 128. Grundriß O und Aufriß M, Querschnitt N der Verbindung der Grundpfähle eines Joches mit den Jochpfosten.
a Grundpfähle.
b Gurthölzer, zusammengeschraubt.
c Pfosten.

Fig. 129. *)



zu geben, um die Pfosten von der Seite her verstreben zu können. Hierzu (Fig. 129) soll man für jeden Pfosten drei Grundpfähle eintreiben, einen gerade unter demselben und die anderen zwei auf beiden Seiten desselben, rechtwinklig auf die Richtung des Joches. Die Entfernungen zwischen diesen drei Pfählen muß man nach der den Streben zu gebenden Länge bemessen. Die Köpfe der drei Pfähle werden in gleicher Höhe

*) Fig. 129. Aufriß des Unterbaues eines hölzernen Joches.
a Pfosten.
b, b Grundpfähle.
c, c Gurthölzer quer über das Joch.
d, d Streben.
e, e Gurthölzer längs des Joches.

abgeschnitten und durch zwei horizontale Gurten unter dem tiefsten Wasserspiegel verbunden. Ein viereckiges Loch in diesen Gurthölzern über dem mittleren Pfahl nimmt den Pfosten auf. Die Pfosten sind unter sich durch zwei weitere Gurthölzer verbunden, welche auf den ersten ruhen, und sind durch zwei Streben verstärkt.

534. An Orten, wo man keine Pfähle eintreiben kann, muß man die Pfähle der Joche an dem Boden durch einen Rost festhalten, den man so anordnet, daß er die Enden dieser Pfähle umfaßt. Nachdem das Gründungsbett zur Aufnahme des Rostes passend zubereitet ist, wird dieser in die richtige Lage geflößt und dort versenkt, wobei man entweder vorher oder erst nach dem Versenken die Pfähle in demselben befestigt. Der Rost wird mit loosen Steinen beschwert; zu weiterem Schutze für die Joche kann man die Pfähle mit Bohlen bekleiden und den Raum zwischen den Bohlen mit Kies ausfüllen. Auch kann man, wo es nothwendig ist, Joche aus zwei parallelen nur wenige Fuße von einander entfernten Reihen von Pfählen erbauen, welche man gegenseitig durch Quer- und Diagonal-Bänder gegeneinander stützt.

535. Da die Joche starke Stöße nicht aushalten können, so bringt man vor dieselben in einiger Entfernung stromaufwärts Eisbrecher vor jedes

Joch. In Strömen mit mäßiger Geschwindigkeit reicht ein einzelner geneigter Balken (Fig. 130), der mit starkem Eisenblech beschlagen ist und von Pfählen getragen wird, hin. Aber in reißenden Strömen muß ein Bollwerk das die Form einer dreiseitigen Pyramide hat (Fig. 131), deren gegen den Strom gerichtete Kante mit Eisen beschlagen ist, erbaut werden um die heftigen Stöße aufzunehmen. Das Bollwerk wird mit Steinblöcken ausgefüllt.

Fig. 130. *)

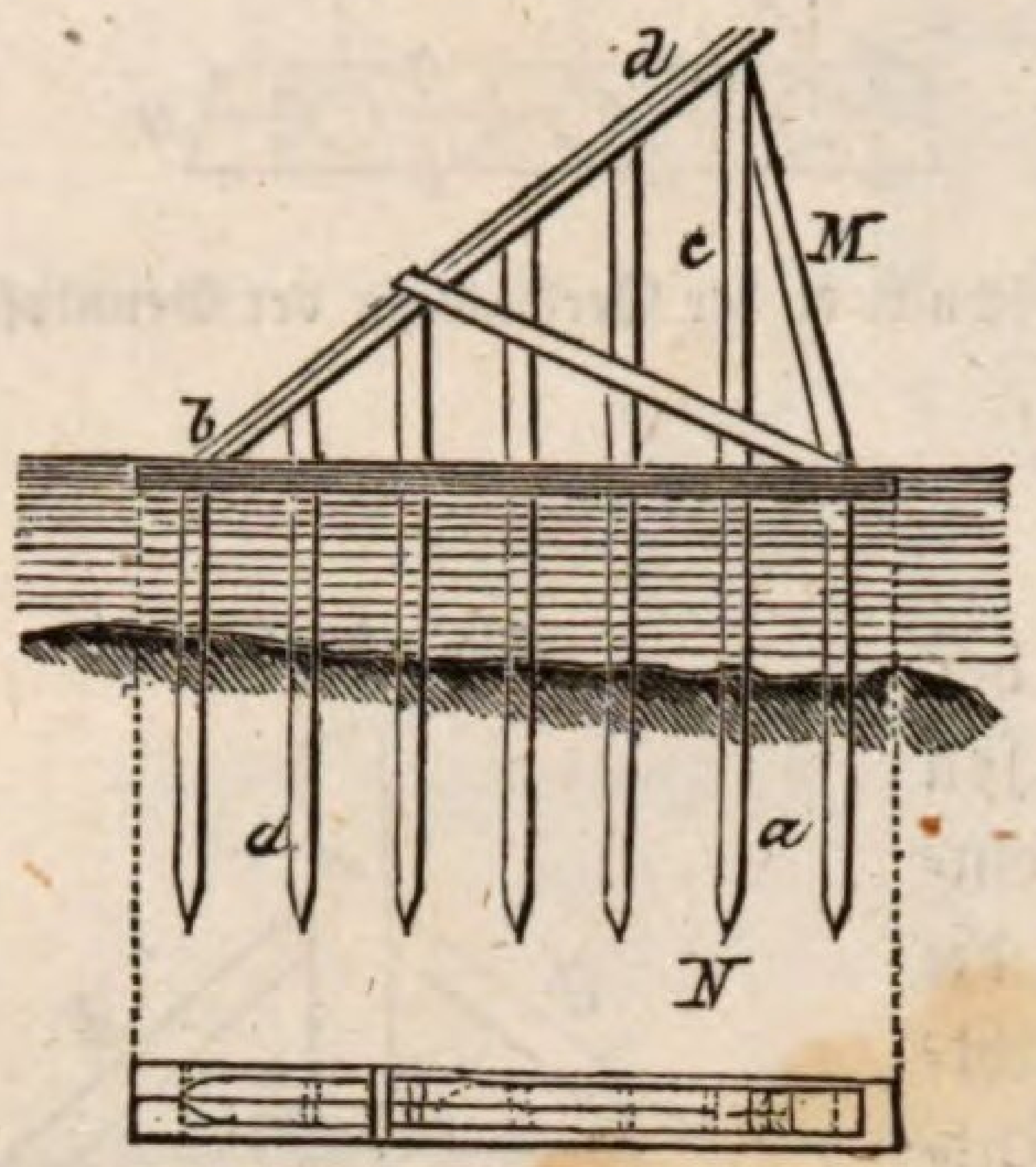
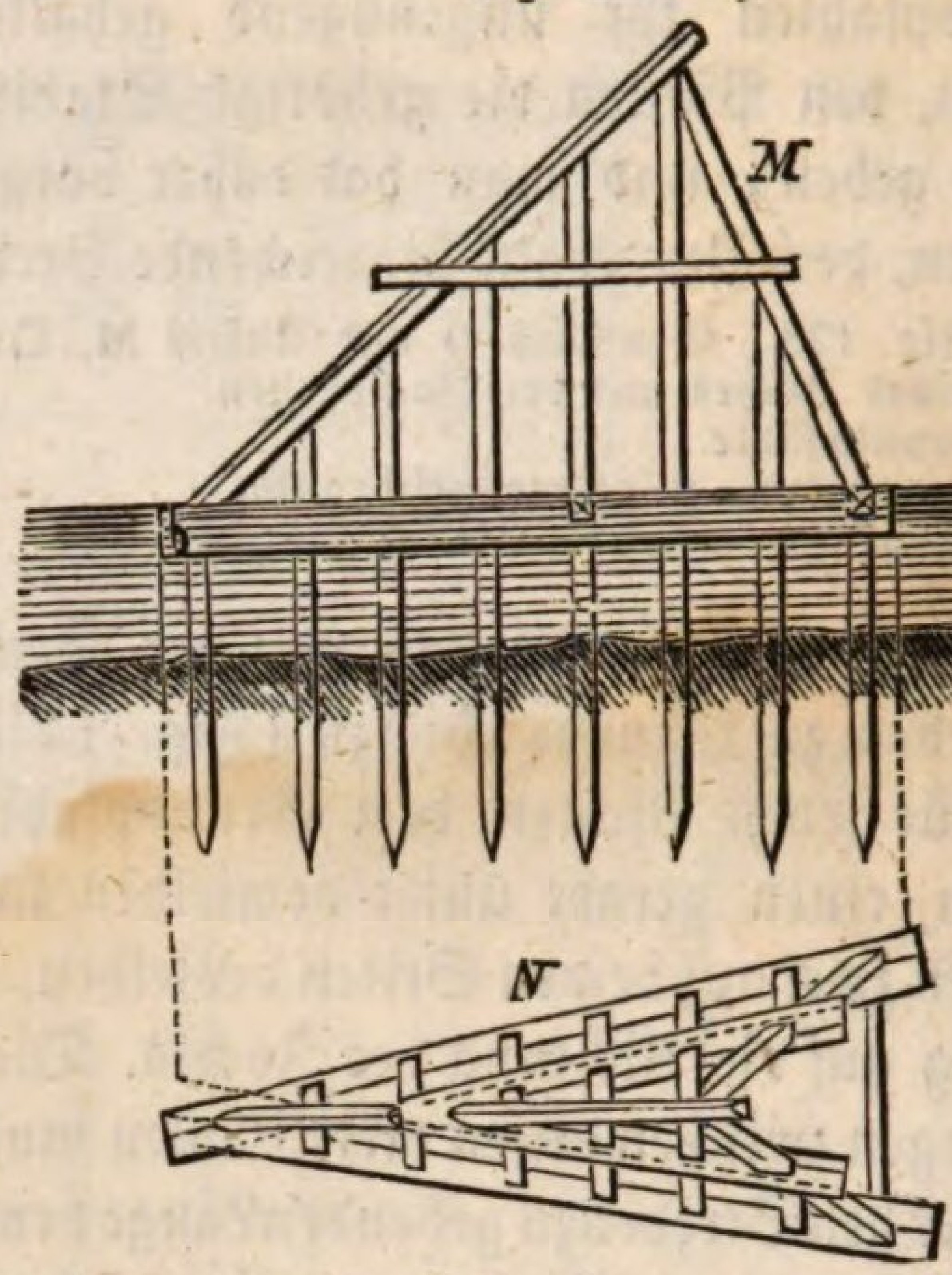


Fig. 131. **)



*) Fig. 130. Aufriß **M** und Grundriß **N** eines einfachen Eisbrechers.
a, a Grundpfähle.
b, b Gurthölzer.
c, c Pfosten.
d geneigter Eisbalken, mit Eisen beschlagen.

) Fig. 131. Aufriß **M und Grundriß **N** des Zimmerwerkes eines Eisbrechers, das mit Steinen ausgefüllt werden soll.

536. Die Weite zwischen den Jochen hängt von localen Umständen ab. Nach einer allgemeinen Regel kann die Jochweite größer, und bei gekrümmten Hölzern die Pfeilhöhe kleiner seyn als bei steinernen Brücken. Bei der Anordnung dieser Theile muß der Ingenieur im Auge behalten, daß hölzerne Brücken häufigere Reparaturen bedürfen als Steinbrücken, weil das Material verdirbt und das Schwinden und die Vibrationen die Fugen auseinander reißen, und daß die Schwierigkeiten des Auswechselns der schadhaften Theile sehr schnell mit der Jochweite wachsen.

537. Holzbrücken können in zwei Hauptklassen gebracht werden. Bei der einen übt die Holzverbindung, sie mag aus geraden oder gekrümmten Balken bestehen, einen Seitenschub auf die Landfesten und Joche aus; bei ihnen liegt gewöhnlich der Oberbau über der tragenden Holzverbindung. Bei der andern Klasse gibt der Brückenbau keinen Seitenschub auf die Stützpunkte, und man kann die Brückenbahn als an dem Zimmerwerke aufgehängt betrachten.

538. Jede der früher in der, der Zimmerung gewidmeten Abtheilung betrachteten Verbindungen von geraden oder gekrümmten Hölzern kann bei Brücken angewendet werden. In den letzten Jahren haben im Allgemeinen die Ingenieure die Verbindungen von geraden Hölzern denen von gekrümmten

vorgezogen, weil jene einfacher und leichter auszuführen und zugleich wohlfeiler sind, indem die Bogenzimmerwerke mehr Eisen als Bolzen, Bänder und dergl. verlangen, als Zimmerwerke aus geraden Hölzern, und auch bei dem Aufschlagen und Verbringen der Zimmerwerke auf ihre Unterlagen mehr Vorrichtungen erfordern.

539. Die Anzahl der Rippen einer Brücke hängt von der verlangten Stärke der Brücke und von der Stärke der Rippen selbst ab. In der ersten Klasse der Brücken, bei welcher die Brückenbahn gewöhnlich über dem Zimmerwerke liegt, kann man jede beliebige Zahl von Rippen anwenden, und diese entweder in gleichen Entfernungen aufstellen oder so, daß sie die beste Unterlage für die über die Brücke gehenden Lasten gibt. Bei der zweiten Brückenklasse, bei der die Zimmerung über der Brückenbahn liegt, oder doch über diese vorspringt, bringt man eine oder zwei Rippen an jeder Stirnfläche an und eine oder zwei werden mitten zwischen den Stirnflächen aufgestellt. Die Fußwege werden dabei gewöhnlich entweder zwischen die beiden mittleren Rippen angebracht, oder wenn zwei äußere Rippen auf jeder Seite sind, zwischen diese.

540. Die Art wie man die Rippen construirt und durch Querbänder und diagonale Riegel verbindet, ist bei Brücken dieselbe, wie für jede andere Holzconstruction; dabei muß man besonders auf Stärke und Steifheit der ganzen Verbindung sehen, weil alle Bewegungen der einzelnen Theile der Brücke verderblich sind. Bei Sprengwerken, welche einen Seitendruck auf die Widerlager und Joche ausüben, müssen die tiefsten Punkte des Holzwerkes immer noch über dem gewöhnlichen Hochwasser liegen; und dort wo in dem Holzwerke die Fasern durch zu großen Druck angegriffen werden, muß man Metallplatten in die Fugen legen.

541. Die Brückenbahn besteht gewöhnlich aus einem einfachen Boden von Bohlen, Deckhölzern (**flooring-boards; madriers**), welche die Bahn von Holz oder Stein tragen, und welche auf den quer über die Rippen gehenden Straßenträgern (**roadway-bearers** oder **floorgirders; poûtres**) liegen. Eine jetzt gewöhnlichere und bessere Methode ist, Langschwellen von kleinerem Querschnitte über die Straßenträger zu legen und erst von diesen die Brückenbohlen tragen zu lassen. Diese Methode bewahrt die Straßenträger besser als die erste vor Feuchtigkeit. Ueberdieß bringt man, wo die Lage der Brückenbahn diagonale Streben in verticalen Ebenen nicht zulassen, zwischen jedem Paar Straßenträgern horizontale Andreaskreuze zur festern Verbindung des ganzen Brückenkörpers an.

Steinpflaster oder eine Ueberschüttung mit Kies ist für hölzerne Brücken nicht zu empfehlen, da beide die Feuchtigkeit aufhalten; dagegen stellt man die Brückenbahn aus Bohlen her, welche für eine Pferdebahn in zwei Lagen genommen werden, so daß man bei der Auswechslung in Folge der Abnützung nur die oberste Lage wegzunehmen hat. Die Fußwege bestehen aus einem leichteren Boden, welcher gewöhnlich etwas über die Fahrbahn erhöht ist.

542. Liegt die Brückenbahn über dem Zimmerwerke, so erfordert die Sicherheit ein Geländer, das man aus Holz, Eisen oder beiden zugleich herstellen kann. In der Regel ist dasselbe von Holz und besteht in einer Boden- und einer Brustpfette, welche durch Pfosten und diagonale Streben verbunden

sind. Ein hölzernes Geländer kann außer seinem nächsten Zwecke auch noch die Tragkraft und Steifheit der Brücke vermehren, wenn das Holz von angemessener Stärke genommen und fest mit den äußeren Rippen verbunden wird.

543. Bei Brücken, deren Rippen über der Brückenbahn liegen, wird eine Verschaalung von dünnen Brettern an den Seiten und ein leichtes Dach über den Bau geführt, um denselben gegen die Witterung zu schützen. Dabei können die Balken des Daches zugleich als Bänder für die Rippen dienen und durch diagonale Riegel verstrebt werden wie die Straßenträger. Die Sparren kann man dabei, wenn eine Mittelrippe der Brücke nicht vorhanden ist, als Streben für Hängesäulen gebrauchen, von denen die Straßenträger in der Mitte getragen werden.

544. Liegt die Brückenbahn über dem Zimmerwerke und hat die Bedeckung einen hinreichenden Vorsprung über dasselbe, so ist es hierdurch hinreichend geschützt, wenn es nicht gar zu tief ist; in diesem Falle muß man demselben ebenfalls eine Bekleidung geben.

545. Das Zimmerwerk einer Brücke, die gedeckt und gehörig verschaalt ist, um das erste trocken zu erhalten, bedarf keines Anstriches. Andernfalls gebraucht man die gewöhnlichen Mittel gegen die atmosphärischen Einflüsse. Die untere Fläche und die Fugen der Bohlen der Brückenbahn kann man bei Pferdezug mit Mineraltheer anstreichen; bei Eisenbahnbrücken, die nicht von Pferden betreten werden, kann man metallische Bekleidungen gebrauchen.

546. Bei hölzernen Brücken kann wenig auf architektonische Schönheit gesehen werden; ihre Schönheit entspringt aus der Einsicht in die Zweckmäßigkeit der gewählten Construction, welche sich dem gebildeten Beschauer aufdrängt. Liegen die Brückenbahn und die Brustwehr über dem Zimmerwerke, so bringt man durch Verbindung der Straßenträger mit den Brückenbohlen ein einfaches Karnies zu Stande, welches mit der Brustwehr ein gefälliges Ansehen gibt und zugleich das unterliegende Holzwerk vor der Witterung schützt. Bei gedeckten Brücken ist Alles was man thun kann ein eintöniger Anstrich. Beinahe immer sind gedeckte Brücken wegen ihrer geringen Höhe verglichen mit ihrer Länge unansehnlich, und von einem Punkte aus gesehen, wo man sie ganz übersieht, scheinbar unsicher; und jeder Versuch, durch Bemalung denselben das Ansehen eines Hauses, einer steinernen Brücke zu geben, welcher selbst bei dem Unwissenden scheitern muß, wird dem Kenner nur den schlechten Geschmack des Erbauers zeigen.

547. Die Kunst hölzerne Brücken zu erbauen, ist in jedem Theile der civilisirten Erde, der Holz hat, zu großer Vollkommenheit gebracht worden, da Holz zu jeder Zeit das Hauptbaumaterial war. Die neueren Brücken der Schweiz und in Deutschland nehmen in Europa den ersten Rang ein, beides durch die Kühnheit ihrer Zeichnung und die durchdachte Anordnung und Verbindung. Diese schönen Bauten sind nach den Vereinigten Staaten verpflanzt worden, und die amerikanischen Brücken und die Kunst der dortigen Ingenieure und Zimmerleute, welche bei denselben an den Tag gelegt wurden, haben die verdiente Berühmtheit in der wissenschaftlichen Welt erlangt. Die neueren Bauten dieser Klasse zeichnen sich vortheilhaft durch einfache Anordnung, vollkommene Ausführung und Kühnheit des Entwurfs aus. Lassen sie

einen Vorwurf zu, so ist es der des zu kühnen Entwurfes, indem sehr große Spannweiten mit Rippen von durchbrochenen Balken überbaut sind, welche entweder ganz frei liegen oder nur unvollkommen an Zwischenpunkten unterstützt sind, sey es durch Schirrbalken oder Brustriegel mit Streben. Dieser Fehler zeigt sich mehr oder weniger deutlich in der schwingenden Bewegung, welche man an einigen der neueren Eisenbahn- und anderen Brücken fühlt, und welche ein Loswerden der Fugen und Einsenken der Brückenbahn mit sich führt.

548. Die folgende Tafel enthält die wichtigsten Dimensionen einiger der berühmtesten amerikanischen und europäischen hölzernen Brücken.

Name der Brücke.	Zahl der Oeffnungen.	Größte Jochweite.	Pfeil oder Tiefe der Rippe.
		Meter.	Meter.
Brücke zu Schaffhausen (A) .	2	58,8	—
„ über den Kandel (B) .	1	50,6	—
„ zu Bamberg } (C) .	1	63,4	5,15
„ zu Freysing } (C) .	2	46,6	3,41
Essex-Brücke (D)	1	76,2	—
Obere Schuylkill-Brücke (E) .	1	103,6	6,10
Market-Street-Brücke (F) . .	3	59,4	3,66
Trenton-Brücke (G)	5	61,0	8,23
Columbia-Brücke (H)	29	61,0	—
Richmond-Brücke (I) . . .	19	46,6	4,69
Springfield-Brücke (K) . .	7	54,9	5,49

A. Diese berühmte Schweizerbrücke, von Johann Ulrich Grubenmann, einem Zimmermanne im Jahre 1757 erbaut, bestand aus zwei Oeffnungen, die eine von 58,8, die andere von 52,4 Metern Weite. Das Zimmerwerk war aus zwei Rippen mit der Brückenbahn zwischen sich gebildet. Jede Rippe war in mancher Hinsicht wie ein offen gebauter Balken gezimmert; die obere Schwelle war von einer Anzahl geneigter Streben getragen, welche sich gegen die Landfesten und den Pfeiler stützten; die untere Schwelle wurde an die obere durch Hängsäulen angehängt, und trug ihrerseits die Straßenbalken. Das Ganze war mit Bolzen, Stegen und eisernen Bändern fest zusammengehalten. Die Brücke wurde im Jahre 1799 von den französischen Truppen zerstört. Bemerkenswerth in ihren Tagen, zeigen die vorhandenen Zeichnungen, während sie den Erfindungsgeist und die Kunst ihres Erbauers bezeugen, einen merkwürdigen Contrast mit den gleich kühnen aber weniger zusammengesetzten Bauten der nämlichen Art, welche in neuerer Zeit in den Vereinigten Staaten errichtet wurden.

B. Dieß ist ebenfalls eine Schweizerbrücke im Kanton Bern. Ihre Rippen sind aus dicht verbundenen Balken gebildet, welche in der Dicke von der Mitte der Brücke nach außen abnehmen. Diese Abnahme geschieht in Staffeln, wodurch der gebaute Balken das Ansehen einer Reihe von übereinander gelegten Spannriegeln erhält, gegen deren Enden Streben sich stützen, welche mit den

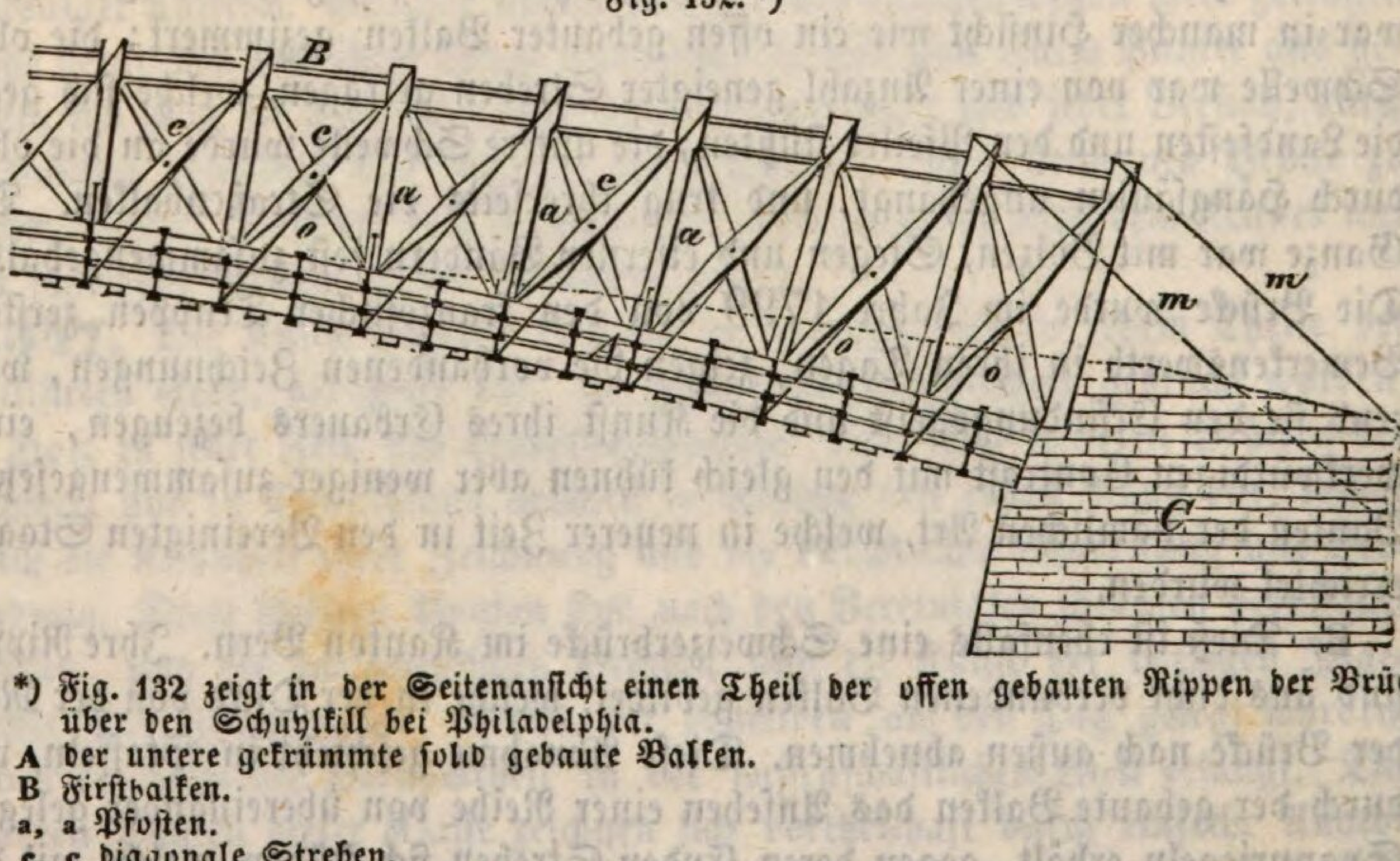
andern Enden auf den Landfesten ruhen. Die Brückenbahn liegt über den gebauten Balken.

C. Diese beiden Brücken mit vielen ähnlichen sind von Wiebeking in Deutschland erbaut. Die Rippen bestehen aus gekrümmten geschlossen gebauten Balken, auf welchen die Straßenträger liegen. Diese Methode der Construction verbindet große Stärke und Steifheit. Sie ist kostspieliger als Zimmerwerke aus geraden Balken, da sie einen größern Aufwand an Eisen und zusammengesetztere mechanische Mittel für ihre Construction erfordert als die letztere, und die Rippen sind zwar steif, aber durch das Biegen geschwächt.

D. Die Essex-Brücke ist ein merkwürdiger Bau über den Merrimack in der Nähe von Newburyport. Die Rippen sind gekrümmte, offen gebaute Balken, von denen jeder aus drei concentrischen geschlossen gebauten Balken besteht, welche in Zwischenräumen längs der Rippe durch zwei radial gestellte Stücke von hartem Holze vereinigt sind, welche in Zapfenlöcher durch die Mitte jedes Balkens passen und durch lange, hölzerne Keile, welche in der Richtung des Krümmungshalbmessers zwischen die beiden radialen Hölzer eingetrieben sind. Jeder der geschlossen gebauten Balken der Rippen besteht aus zwei einzelnen übereinander gelegten Balken, welche aus stumpf zusammengestoßenen Stücken von 4 bis 5 Meter Länge mit wechselnden Fugen zusammengesetzt und durch Schließen von hartem Holze, welche in Löchern durch beide Dicken der Balken gehen, zusammengehalten sind. Durch diese Anordnung hat der Architekt gesucht, die krumme Form der Balken und den Parallelismus der geschlossenen Balken zu erhalten und zugleich alle Theile fest zu verbinden. Diese Verbindung ist ein geistreicher Versuch, einen Bogen von Holz nach ähnlichen Prinzipien zu erbauen, wie einen steinernen Bogen; aber sie steht den einfacheren und gebräuchlicheren Methoden, gekrümmte offen gebaute Balken mit radialen und diagonalen Stücken zu bilden, nach.

E. Die obere Schuylkill-Brücke ist entworfen und erbaut von L. Wernwag; sie hat die größte bekannte Spannweite. Die Brücke (Fig. 132) wird von

Fig. 132.*)



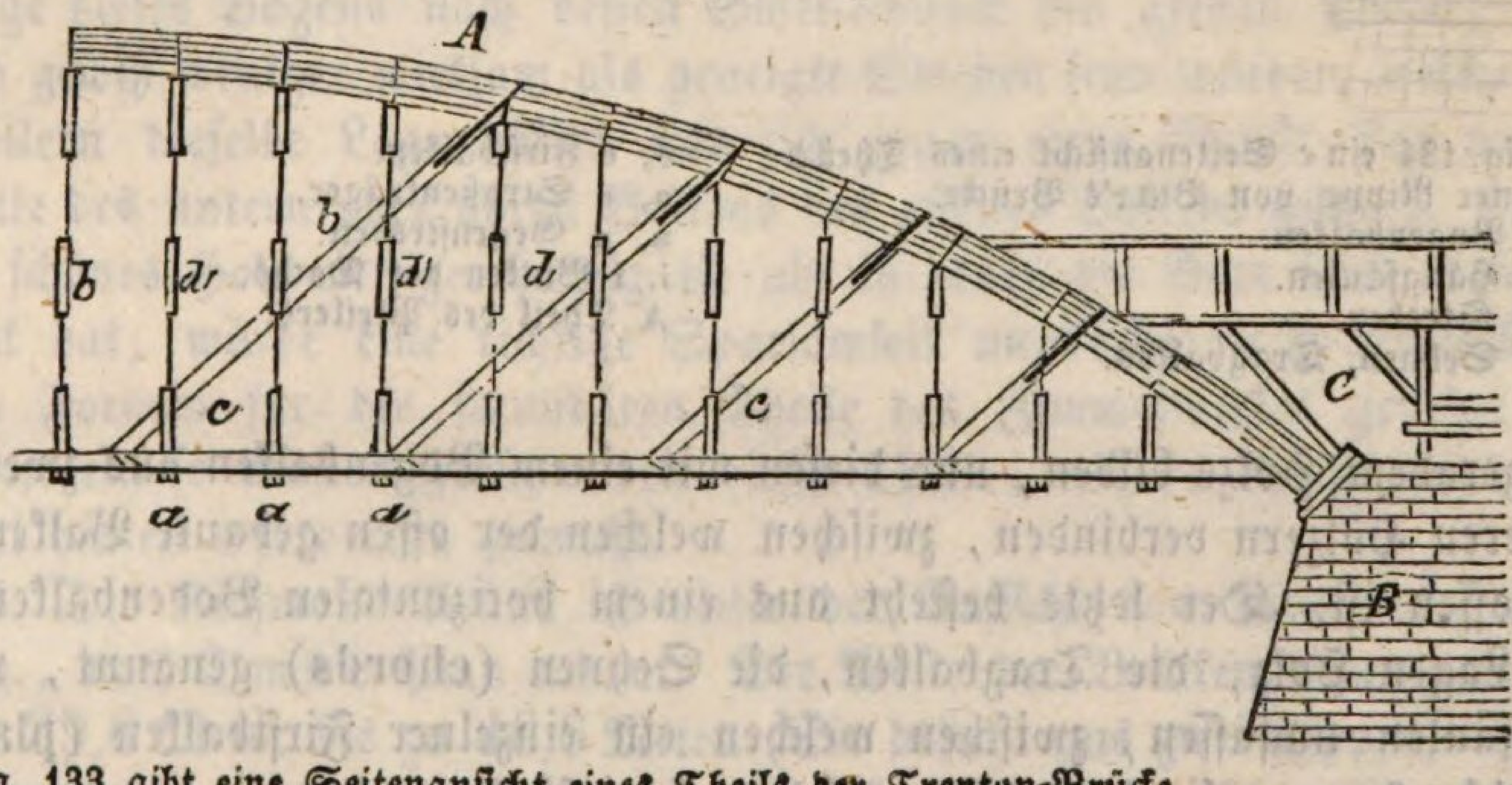
*) Fig. 132 zeigt in der Seitenansicht einen Theil der offen gebauten Rippen der Brücke über den Schuylkill bei Philadelphia.
A der untere gekrümmte solid gebaute Balken.
B Firstbalken.
a, a Pfosten.
c, c diagonale Streben.
o, o diagonale eiserne Bänder.
m, m eiserne Ketten, welche in die Landfesten verankert sind.

fünf Rippen getragen. Jede Rippe ist ein offen gebauter Balken, der aus einem geschlossen gebauten Bodenbalken und einem einfachen Firstbalken besteht, welche durch radiale Pfosten, diagonale Streben und geneigte eiserne Bänder verbunden sind. Die krumme Bodenschwelle besteht in drei concentrischen geschlossen gebauten Balken, kaum von einander abstehend, von denen jeder sieben Lagen von einfachen Balken enthält, jede Lage 15 Centimeter dick und 33 Centimeter breit. Die einzelnen Schichten, wie auch die concentrischen Balken, sind stark durch eiserne Bolzen und dergl. zusammengehalten. Auf jeder Seite der mittleren Rippen ruht auf dem Bodenbalken eine Fahrbahn, und zwischen den beiden äußern Rippen sind die Fußwege angebracht. Die Brücke ist bedeckt und äußerlich verschaalt.

F. Auch diese ist eine der vielen von Wernwag entworfenen und in Pennsylvanien und Jersey erbauten Brücken. Sie hat drei Rippen, welche soweit auseinander stehen, daß zwischen je zwei eine Fahrbahn und ein Fußweg liegt. Jede Rippe ist ein offen gebauter Balken, bestehend aus einem gekrümmten, geschlossen gebauten Bodenbalken, in welchen radiale Pfosten eingezapft sind, welche oben durch einen einfachen Firstbalken verbunden sind. Zwischen jedes Paar radiale Pfosten ist eine einzelne diagonale Strebe angebracht. Langschwellen reichen von dem Scheitel der gekrümmten Rippen der einen Brückenöffnung zu dem der nächsten, und auf dieser liegen quer die Straßenträger.

G. Bei diesem schönen Baue sind die Straßenträger an einen gekrümmten geschlossen gebauten Balken mit Ketten aus Eisenstangen aufgehangen. Die Spannweite der mittleren Oeffnung ist 61 Meter, die der beiden anliegenden 54,9, die der äußersten 48,8 Meter. Die Brücke wird von fünf Rippen getragen (Fig. 133) und hat dieselbe Anordnung für die Fahrbahn und die

Fig. 133. *)



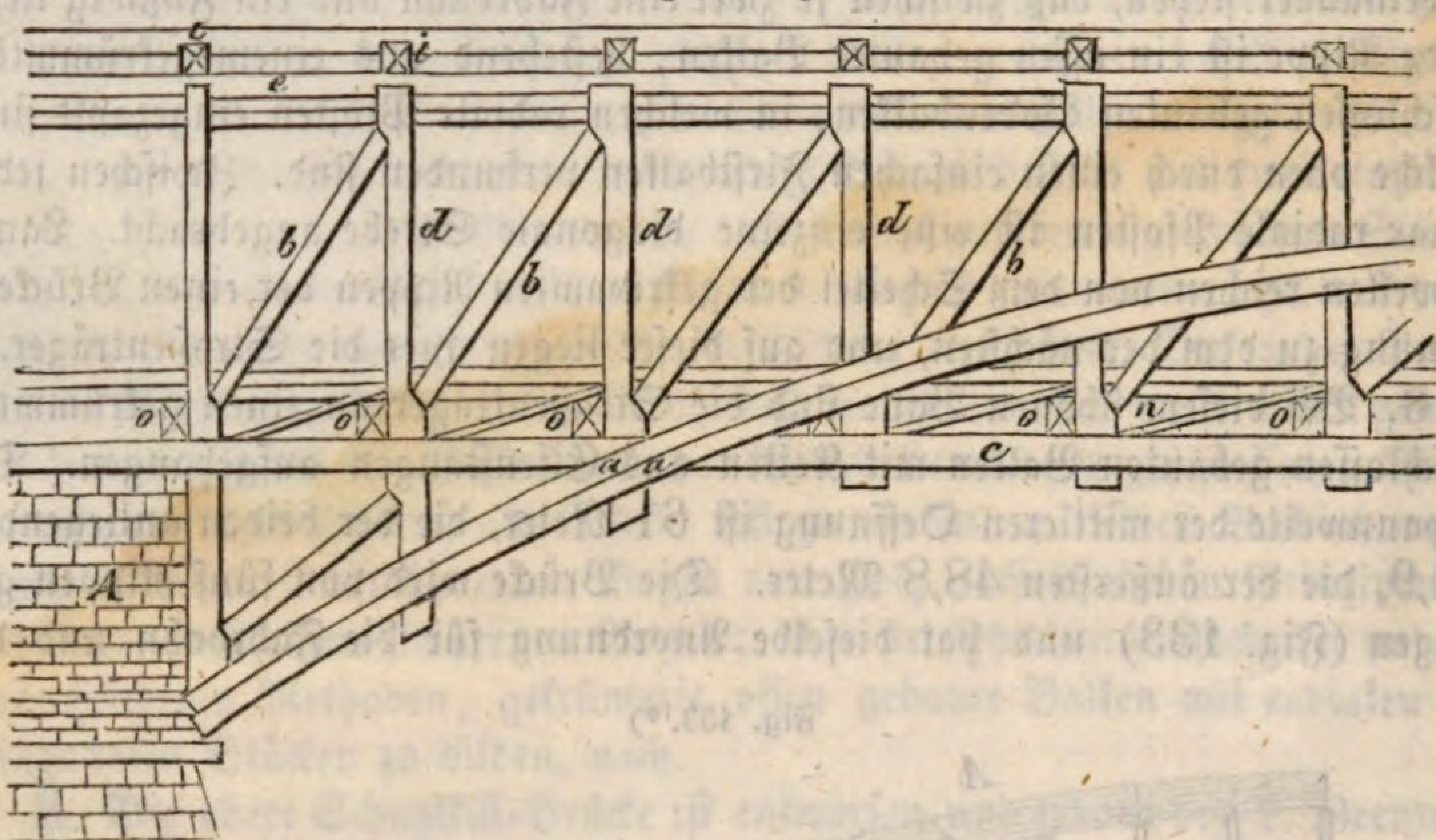
*) Fig. 133 gibt eine Seitenansicht eines Theils der Trenton-Brücke.
A geschlossen gebauter gekrümmter Balken.
a, a, a Querschwellen, welche an den Tragbogen A durch eiserne Ketten b, b hängen.
c, c, c Straßenträger.
d, d diagonale Streben.
B Pfeiler.
C Dach über dem Pfeiler.

Fußwege, wie die obere Schuylkill-Brücke. Jede der mittleren Rippen ist aus acht Lagen von gekrümmten Hölzern gebildet; jede Schichte ist 10 Centimeter dick und 33 Centimeter breit. Die beiden äußeren Rippen haben 9 Schichten

von Hölzern von gleichem Querschnitte. Geneigte hölzerne Zangen verbinden den Tragbogen und die Hölzer der Brückenbahn. Die Rippen sind im Scheitel durch Querschwellen und diagonale Streben verbunden. Aeußerlich ist das Zimmerwerk durch verticale und horizontale Holzstützen gegen das obere Ende der Pfeiler verstrebt. Die Brückenbahn ist von Bohlen hergestellt, welche auf Langschwellen liegen, die ihrerseits wieder von den Straßenbäumen getragen werden. Die Straßenträger sind durch diagonale Streben verbunden. Die Landfesten und Pfeiler sind von Stein, die letztern sind an dem Kämpfer 6 Meter dick.

H. Die Columbia=Brücke ist wie mehrere in Pennsylvanien in neuerer Zeit für Eisenbahnen, Aquäducte ꝛc. erbaute Brücken nach den Plänen von Burr errichtet, welche (Fig. 134) jede Rippe als einen offen gebauten Balken

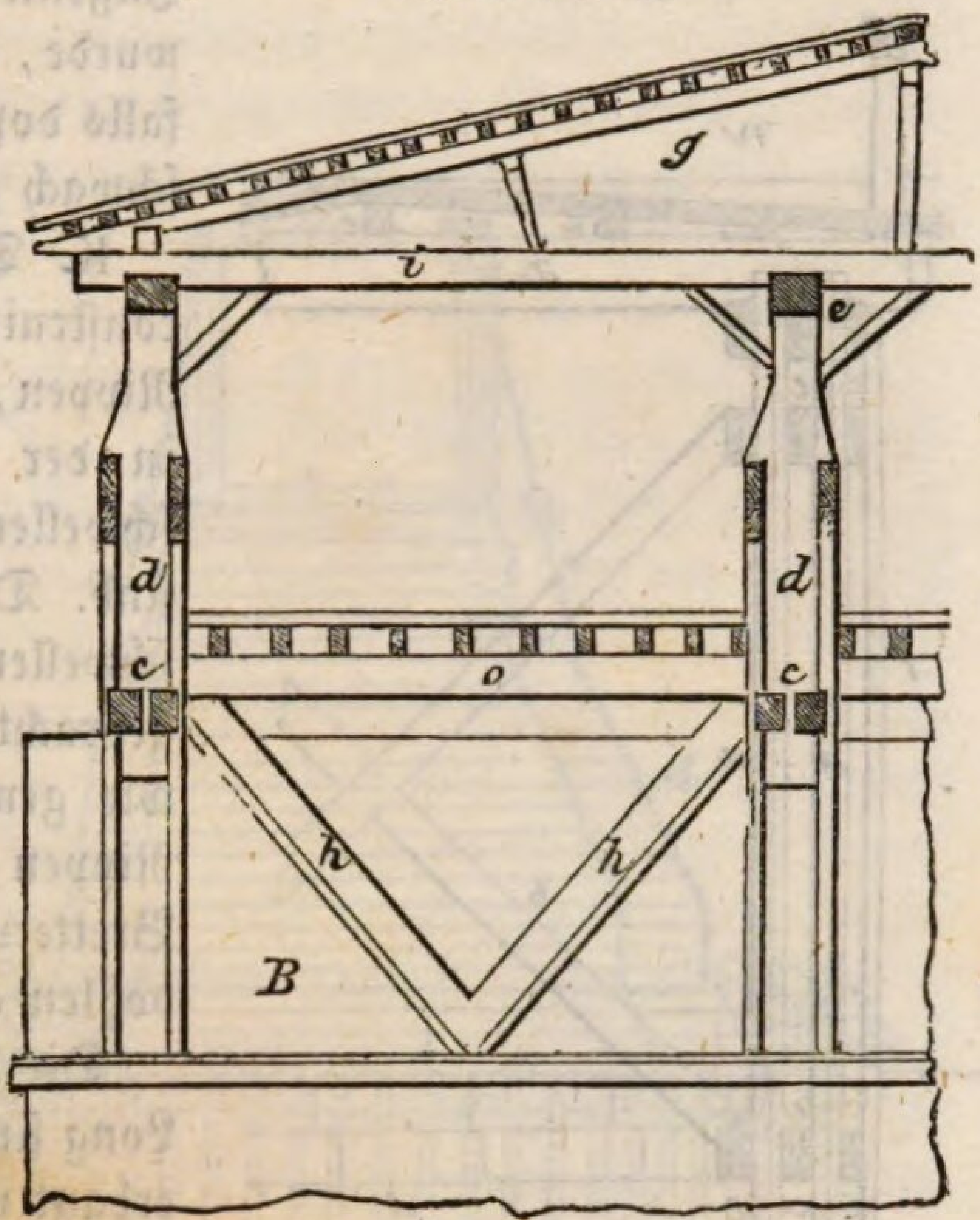
Fig. 134. *)



*) Fig. 134 eine Seitenansicht eines Theils einer Rippe von Burr's Brücke.
a, a Bogenbalken.
d, d Hängsäulen.
b, b Streben.
c, c Sehnen, Tragbalken.
e, e Firstbalken.
o, o Straßenträger.
n, n Gegenstreben.
i, i Balken des Dachs.
A Theil des Pfeilers.

von geradem Holze bilden, und diesen mit einem Bogenbalken aus zwei oder mehreren Hölzern verbinden, zwischen welchen der offen gebaute Balken eingeschlossen ist. Der letzte besteht aus einem horizontalen Bodenbalken von zwei Lagen Holz, die Tragbalken, die Sehnen (chords) genannt, welche Hängsäulen umfassen, zwischen welchen ein einzelner Firstbalken (plate of the side frame) liegt, welcher auf den Hängsäulen ruht, mit denen er durch eine Verzapfung verbunden ist, und endlich aus diagonalen Streben und anderen kürzeren Streben (check braces) zwischen den Hängsäulen. Die Bogenbalken sind mit den Hölzern des offenen Balkens durch Bolzen verbunden. Das Zimmerwerk der Brücke kann aus zwei oder mehreren durch Querhölzer verbundenen Rippen bestehen. Die Brückenbohlen (Fig. 135) liegen auf den querliegenden Straßenträgern, die entweder auf den Sehnen liegen oder zwischen diesen und den Firstbalken angebracht sind.

Fig. 135.*)



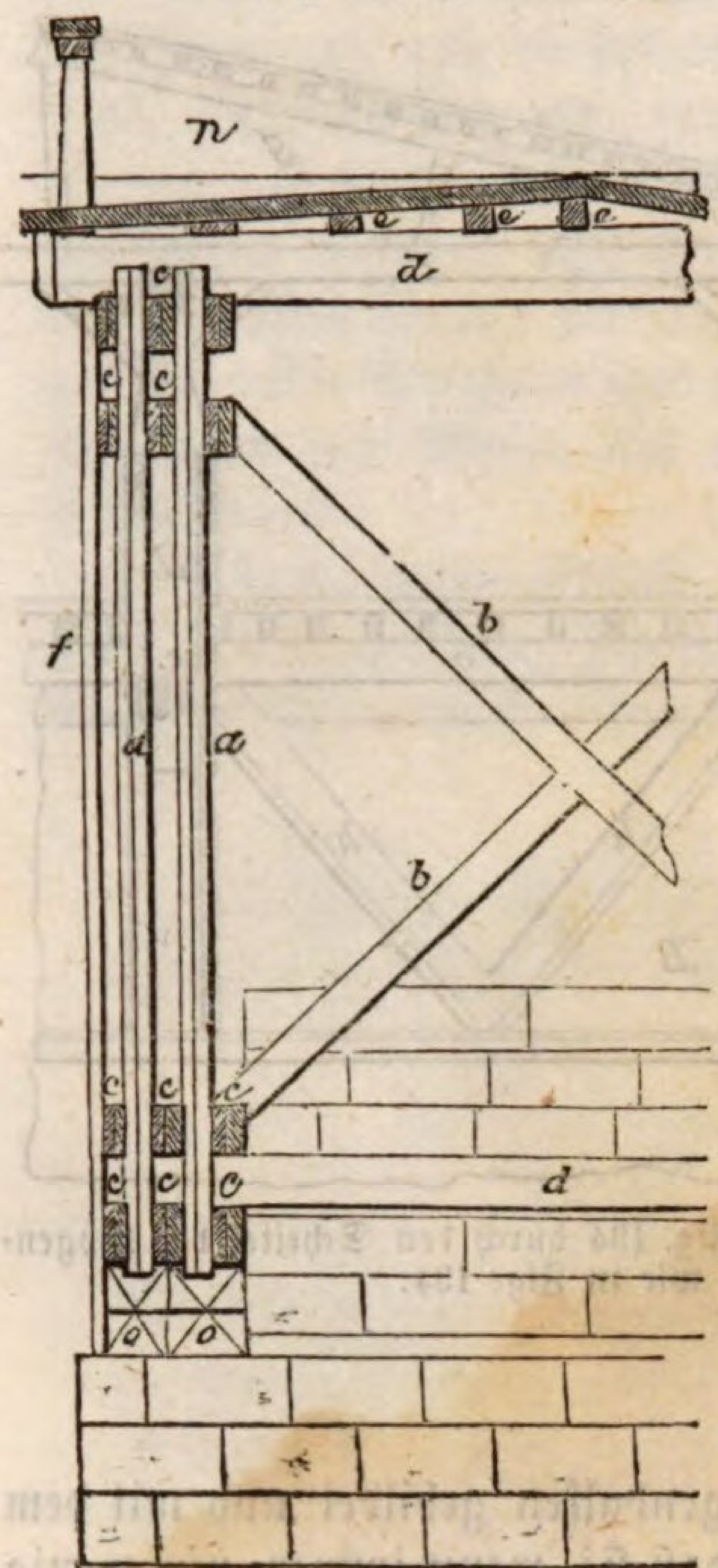
Die Anordnung der Fahrbahnen und der Fußwege zwischen den Rippen kann verschieden seyn.

Zwischen der von Burr angenommenen Verbindung und den beiden zuletzt beschriebenen Brückenzimmerungen ist viel Aehnliches. Der Hauptunterschied besteht in der Anwendung der Bodenbalken zur Verstärkung des offenen Balkens. Die Zimmerung dieses Balkens ist fehlerhaft, indem der Firstbalken nicht allein von geringeren Dimensionen ist als der Bodenbalken, sondern auch noch durch die Zapfenlöcher geschwächt ist, und überdieß den Hängsäulen keinen andern Stützpunkt gibt als den Holznagel, welcher den Zapfen der Hängsäule festhält. Von der Art wie die Bogenbalken gebildet und mit dem offenen Balken verbunden sind, ist ersichtlich, daß sie, wenn immer, nur wenig mehr zur Verstärkung des letzten beitragen, als gerade Streben von dem Anfange dieses Bogens nach dessen Scheitelpunkt hin gethan hätten; und sie sind gewiß weniger wirksam als geneigte Streben seyn würden, welche an den Pfeilern dieselbe Lage hätten und sich gegen einen Brustbalken unter der Mitte des untern oder obern Balkens des offenen Balkens stützten. An Orten wo schönes Holz weniger häufig ist als in denen wo Burr seine Brücken erbaut hat, würde eine richtige Sparsamkeit unzweifelhaft zu einer Auswahl von Formen für die secundären Theile des Zimmerwerkes geführt haben, welche ein so wüstes Zerschneiden dieser Theile, wie es die Figuren zeigen, nicht hätten erforderlich gemacht.

*) Fig. 135 zeigt die Hälfte des Querschnittes von Fig. 134 durch den Scheitel der Bogenbalken; die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 134.
g Dachsparren.
h, h diagonale Streben des Brückenzimmerwerkes.
B Seitenansicht des Pfeilers.

I. Die Richmond-Brücke ist unter der Aufsicht von Moncure Robinson, Esq., nach Town's Plan erbaut. Die Weite der Brückenöffnungen wechselt von 39,6 Meter bis zu 46,6 Meter. Sie besteht aus zwei Rippen, von denen jede aus einem doppelten Gitterwerke zusammengesetzt ist, mit zwei Balken am Boden und einem oben. Die Brückenbahn für Schienen ruht auf den oberen Straßenträgern. Die Rippen sind durch diagonale Streben in verticalen Ebenen und durch horizontale zwischen den obern Straßenträgern und den untern Verbindungsruthen verbunden. Die Pfeiler sind gemauert und 12,2 Meter über den niedersten Wasserstand aufgeführt, 1,2 Meter dick am obern Ende. Das Beispiel das hier (Fig. 136) ausgewählt wurde, ist von einer andern Brücke von nahe der gleichen Spannweite, die von demselben

Fig. 136.*)



Ingenieur nach der Richmond=Brücke erbaut wurde, in welcher man den Fußbalken ebenfalls doppelt nahm, da die ältere Brücke zu schwach erfunden wurde.

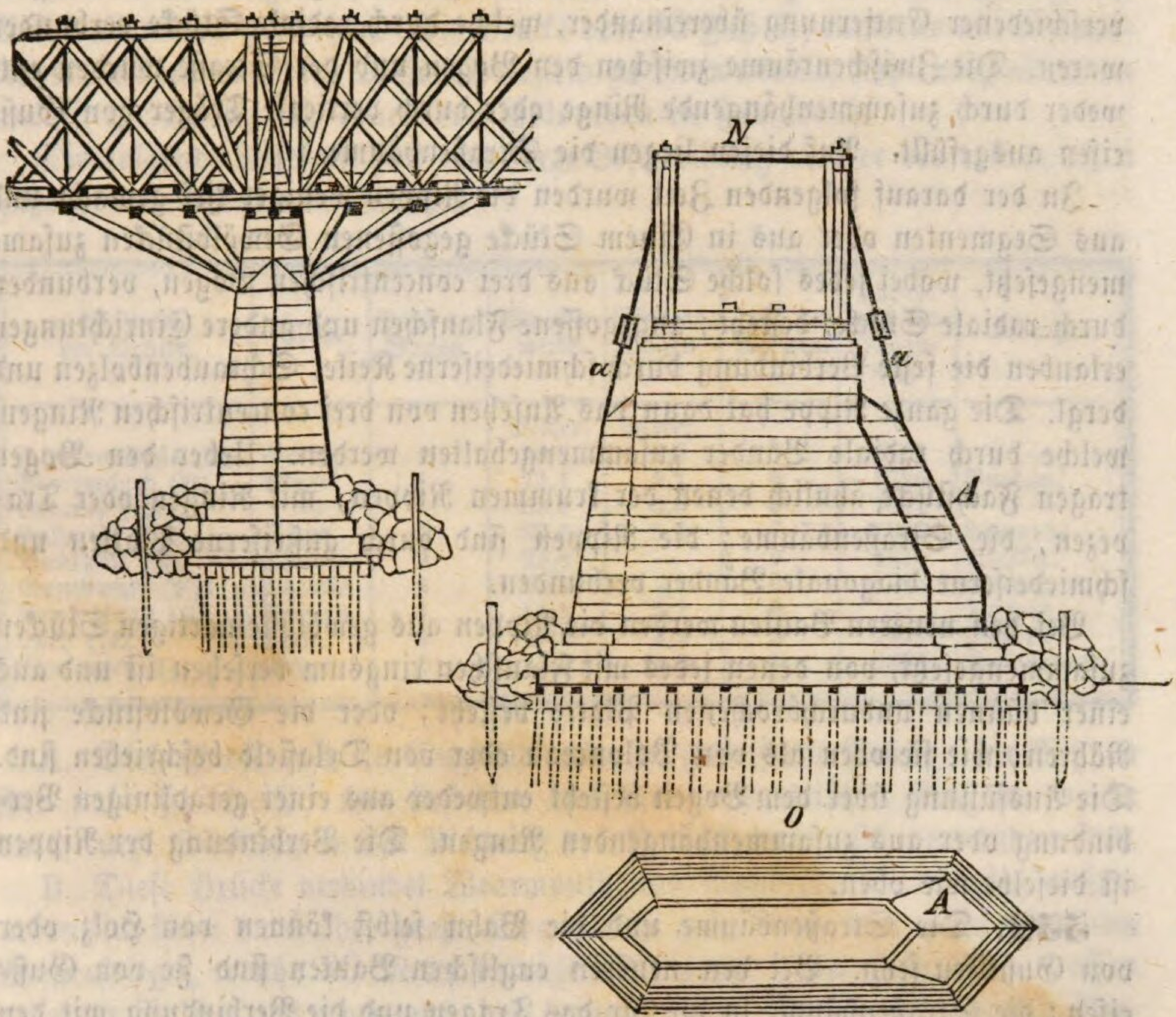
K. Diese Brücke ist nach Howe's Plan construirt. Sie besteht (Fig. 137) aus zwei Rippen, die am Boden und an der Firste in der gewöhnlichen Weise durch Querschwellen und diagonale Streben verbunden sind. Die Brückenbahn ruht auf den Querschwellen, welche am Boden der Rippen angebracht sind. Die Brücke ist nicht gedeckt, wie gewöhnlich der Fall; dagegen sind die Rippen an der Seite und oben durch eine Bretterverschaalung geschützt, die Brückenbohlen aber durch eine metallische Bedeckung.

Die Brücken nach dem Plane des Colonel Long sind meistens für mittlere Spannweiten erbaut worden. In der gedruckten Beschreibung der verschiedenen Verbesserungen dieses Systems führt Long ganz zweckmäßig Streben ein, welche er Bogenstreben (**arch braces**) nennt und entweder unter der First oder der Bodenschwelle, je nach der Localität anbringt, um dem Einsinken vorzubeugen,

*) Fig. 136 zeigt den Querschnitt einer Eisenbahnbrücke mit Town's Balken, bei der die Schienen auf einem Boden über dem Balken ruhen.
a, a doppeltes Gitterwerk.
c, c doppelte First= und Bodenschwellen.
b, b diagonale Streben zweier Rippen in verticaler Ebene.
d, d obere und untere Querschwellen.
e, e Bodenschwellen.
n Querschwellen für die Schienen.
o, o Schirrbalken oder Lagerbalken auf den Pfeilern.
f Verschaalung gegen die Witterung.

welches nothwendig bei allen offen gebauten Balken von beträchtlicher Spannweite ohne diese Unterstützung vorkommen muß.

Fig. 137.*)



*) Fig. 137 gibt eine Seitenansicht des Balkens und eine Endansicht des Pfeilers M, und einen Querschnitt der Brücke und des Pfeilers N; endlich einen Grundriß O des Pfeilers der Eisenbahnbrücke zu Springfield.
A geneigte Fläche des Eisbrechers an dem Pfeilerkopfe.
a, a eiserne Anker, mit denen die Rippen gegen die Pfeiler festgehalten werden.

Gußeiserne Brücken.

549. Gußeiserne Brücken lassen noch größere Kühnheit der Zeichnung zu als hölzerne und sind dabei dauernder; sie werden nahe unter denselben Umständen gebraucht, unter denen Holzconstructionen passend sind.

550. Die Widerlager und Pfeiler werden hier von Stein erbaut, weil die Einwirkung des Salzwassers oder des unreinen süßen Wassers eiserne Stützen sehr bald unsicher machen würde; Holz wäre unter gleichen Umständen noch weniger dauerhaft als Gußeisen.

Die Form und die Dimensionen der steinernen Landfesten und Pfeiler werden nach denselben Grundsätzen bestimmt, wie für hölzerne Brücken mit Bogenwerk. Die Pfeiler werden entweder bis zur Höhe der Brückenbahn aufgeführt oder sie werden beim Anfange des gußeisernen Sprengwerkes geendigt, und bilden Stützpunkte für gußeiserne Säulen, welche die Straße tragen.

551. Die krummen Rippen der gußeisernen Brücken haben verschiedene Abänderungen und Verbesserungen erhalten. Bei den früheren Brücken be-

standen sie in verschiedenen concentrischen Bogen oder gekrümmten Balken, in verschiedener Entfernung übereinander, welche durch radiale Stücke verbunden waren. Die Zwischenräume zwischen den Bogen und der Straße wurden entweder durch zusammenhängende Ringe oder durch verticale Träger von Gußeisen ausgefüllt. Auf diesen liegen die Straßenbäume.

In der darauf folgenden Zeit wurden die Rippen weniger tief gemacht und aus Segmenten oder aus in Einem Stücke gegossenen Gewölbstücken zusammengesetzt, wobei jedes solche Stück aus drei concentrischen Bogen, verbunden durch radiale Stücke, besteht; angegossene Flanschen und andere Einrichtungen erlauben die feste Verbindung durch schmiedeiserne Keile, Schraubenbolzen und dergl. Die ganze Rippe hat dann das Ansehen von drei concentrischen Ringen, welche durch radiale Bänder zusammengehalten werden. Ueber den Bogen tragen Fachstücke ähnlich denen der krummen Rippen, mit Ringen oder Trapezen, die Straßenbäume; die Rippen sind durch gußeiserne Platten und schmiedeiserne diagonale Bänder verbunden.

Bei den neueren Bauten werden die Rippen aus gewölbsteinartigen Stücken zusammengesetzt, von denen jedes mit Flanschen ringsum versehen ist und aus einer dünnen undurchbrochenen Platte besteht; oder die Gewölbstücke sind Röhren, wie sie oben als von Polonceau oder von Delafield beschrieben sind. Die Ausfüllung über dem Bogen besteht entweder aus einer geradlinigen Verbindung oder aus zusammenhängenden Ringen. Die Verbindung der Rippen ist dieselbe wie oben.

552. Die Straßenbäume und die Bahn selbst können von Holz oder von Gußeisen seyn. Bei den neueren englischen Bauten sind sie von Gußeisen; die Straßenbäume in die für das Tragen und die Verbindung mit den Rippen passendste Form gegossen; die Deckplatten sind von Gußeisen. Die Fahrbahn und die Fußwege sind in der gewöhnlichen Weise angeordnet und ruhen auf den gußeisernen Deckplatten.

Die Brustwehr besteht meistens aus einer leichten Verbindung von Gußeisen und Schmiedeisen, welche zu dem Style des ganzen Baues paßt.

553. Die englischen Ingenieure waren die Führer bei diesem Zweige der Brückenbaukunst, und haben ihn in neuerer Zeit bis zu einem hohen Grade von mechanischer Vollendung und architektonischer Schönheit gebracht. Unter den berühmteren Gußeisenbrücken in England gehört die von Coalbrookdale der ersten Periode an; die von Staine und von Sunderland der zweiten, und die Southwark-Brücke in London der dritten Periode; die von Tewkesbury über den Severn, die über den Cary bei Plymouth und eine große Zahl anderer in dem vereinigten Königreich.

Die französischen Ingenieure haben nicht allein die englischen Führer befolgt, sondern auch Neues in den Röhrenbogen von Polonceau versucht. Der Pont des Arts in Paris, eine sehr leichte Brücke für Fußgänger, ist eine Verbindung von Guß- und Schmiedeisen und gehört zu den ersten Versuchen dieser Art in Frankreich; der Pont d'Austerlitz, ebenfalls in Paris, ist eine ähnliche Verbindung wie die der Brücken von Staines und Sunderland, und gehört ihrer zweiten Epoche an; der Pont du Carrousel nach Polonceau's System gehört nebst mehreren anderen der dritten Epoche an.

In den Vereinigten Staaten ist kaum ein Anfang in diesem Zweige der Brückenbaukunst geschehen. Die Brücke von 80 Fuß Spannweite mit Röhrenrippen, erbaut von dem Major Delafield zu Brownsville, steht noch allein da und ist gleichzeitig mit denen von Polonceau in Frankreich.

Die folgende Tafel enthält eine kurze Beschreibung einiger der bekanntesten gußeisernen Brücken in Europa.

Namen der Brücke.	Fluß.	Zahl der Bogen.	Spannweite.	Pfeil der Bogen.	Zahl der Rippen.	Jahrszahl der Erbauung.	Erbauer.
			Meter.	Meter.			
Coalbrookdale (A).	Severn.	1	30,6	12,2	5	1779	—
Wearmouth (B)	Wear.	1	73,1	9,1	6	1796	Burdon.
Staines (C).	—	1	55,2	5,0	—	1802	—
Austerlitz (D).	Seine.	5	32,6	3,2	7	1805	Lamandé.
Vauxhall (E).	Themse.	9	23,8	—	9	1816	Walker.
Southwark (F).	Themse.	3	73,1	7,3	8	1818	Rennie.
Tewkesbury (G).	Severn.	1	51,8	5,2	6	—	Telford.
Lary (H).	Lary.	5	30,5	4,4	5	1827	Rendel.
Carrousel (I).	Seine.	3	45,7	4,9	5	1838	Polonceau.

A. Dieß ist die erste in England erbaute gußeiserne Brücke; die Rippen sind nahe Halbkreise, und bestehen aus drei concentrischen Ringen, welche durch kurze Säulchen in der Richtung des Radius unter sich verbunden sind.

B. Diese Brücke verbindet Wearmouth und Sunderland, erscheint außerordentlich kühn durch ihre große Spannweite wie durch ihre Höhe über dem Wasserspiegel, welche 30 Meter beträgt. Die ganze Rippe sieht wie ein offen gebauter Balken aus, der aus drei concentrischen Bogen mit radialen Verbindungsstücken besteht. Die Füllung über dem Bogen besteht aus zusammenhängenden Ringen, deren Durchmesser vom Scheitel gegen den Anfang des Bogens wachsen, und welche auf der Außenseite der Rippen aufstehen und die Straßenbäume tragen.

C. Die Staines-Brücke ward nach demselben Plane wie die Wearmouth-Brücke entworfen; allein die zu schwachen Widerlager gaben dem Horizontalschube, der bei einem so flachen Bogen sehr bedeutend ist, nach.

D. Die Austerlitz-Brücke ist nach denselben Grundsätzen erbaut, wie die beiden letzten; sie sieht leicht und hübsch aus. Jede Rippe besteht aus 21 gewölbsteinartigen Stücken von ungefähr 1,2 Meter Tiefe. Die Füllungen über den Bogen sehen wie Fortsetzungen des Bogens nach außen aus. Die Pfeiler endigen an den Rippen und sind dort 4 Meter dick; die Straße wird durch die nach oben fortgesetzten Rippen getragen. Die Straße ist horizontal; die Straßenbäume und die Brückenbohlen sind von Holz.

E. Bei dieser Brücke sind die gekrümmten Rippen nicht durchbrochen; über den Bogen stehen verticale Säulen, die durch Querstücke verbunden sind. Die Pfeiler gehen bis zu den Straßenbäumen hinauf; sie sind beim Anfange der Rippen 4 Meter dick. Die ganze Breite der Brücke ist 11 Meter, wovon auf die Fahrbahn 6,7 Meter kommen.

F. Jeder der beiden äußersten Bogen der Southwark-Brücke hat 93,9 Meter Spannweite. Die Bogenrippen sind je aus 14 undurchbrochenen

Stücken zusammengesetzt, von welchen jedes 7 Centimeter dick ist und eine 10 Centimeter breite Flansche hat. Die Rippe ist am Scheitel 183 Centimeter tief, beim Anfange des Bogens 244. Ueber dem Bogen stehen trapezförmige Fächer mit verticalen Fugen; sie sind auf der Außenseite der Rippen befestigt und tragen die Straßenbäume. Die krummen Rippen sind durch Bindbalken verbunden, welche zwischen die Fugen der Gewölbstücke eingeschoben sind, und stützen sich gegeneinander durch gerippte diagonale Stützen. Die Pfeiler sind beim Anfange der Bogen 7,3 Meter dick und sind bis zu den Straßenplatten herauf geführt. Die Breite der Fahrbahn ist 7,6 Meter, die von jedem Fußwege 2,1 Meter.

G. Diese Brücke ist sehr leicht und elegant. Die Gewölbstücke der Rippen sind von krummlinig begränzten Oeffnungen durchbrochen, welche diese Stücke in rechtwinklige Figuren mit dichten Seiten und Diagonalen theilen. Jede Rippe besteht aus zwölf solchen Stücken. Die Höhe der Rippen ist 91 Centimeter; die Dicke der äußern Rippen ist 6,3 Centimeter, die der vier innern 5,1 Centimeter. Die Rippen sind durch gitterartige Bindplatten zwischen den Fugen der Gewölbstücke verbunden, und stützen sich auf Anfangsplatten von 91 Centimeter Breite und 10 Centimeter Dicke. Die Straßenbäume und Straßenplatten sind von Gußeisen. Die Straßenbäume liegen auf viereckig geformten Fachstücken; die Seiten der Vierecke sind gerippt, von der Mitte nach außen schwächer werdend. Die Rippen des Brückenfachwerks sind auf die gewöhnliche Weise verbunden und verstrebt. Die Straßenbäume sind der Länge nach über die Rippen gelegt, mit welchen sie fest verbunden sind, und auf diesen liegen gußeiserne Platten, welche die Straße selbst tragen. Die freie Straßenbreite ist 7,3 Meter.

H. Bei der Lary-Brücke (Fig. 138 und 139) ging der Ingenieur von der gewöhnlichen Kreissegmentform ab und wählte die elliptische. Die nachfolgende kurze Beschreibung ist aus der von dem Ingenieur über diesen Bau veröffentlichten Nachricht genommen:

„Die Anordnung unterscheidet sich wesentlich von andern Bauten ähnlicher Art; zuerst in der Mauerung der Pfeiler, welche bei dem Anfange des Bogens aufhören; zweitens in der krummlinigen Form der Pfeiler und Landfesten; drittens in der Anwendung elliptischer Bogen.

„Der mittlere Bogen hat 30,5 Meter Spannweite und 4,4 Meter Pfeilhöhe. Die Dicke der Pfeiler ist, wo sie am geringsten ist, 3 Meter. Die anstoßenden Bogen haben jeder 29 Meter Spannweite und 4 Meter Pfeilhöhe; die Pfeiler sind 2,9 Meter dick. Die äußersten Bogen haben jeder 24,7 Meter Spannweite und 3,2 Meter Pfeilhöhe. Die Landfesten sind in ihrer kleinsten Dimension 4 Meter dick und bilden an der Rückseite starke Bogen, welche sich gegen Bogenmauern stützen, um dem Horizontalschub zu widerstehen. Die Enden der Pfeiler sind halbkreisförmig, und sind im verticalen Durchschnitt nach einem Kreisbogen von 10,7 Meter Radius gekrümmt; sie gehen von dem tiefsten Wasserspiegel bis zum Anfange des Bogens.

„Die Straßenbahn ist 7,3 Meter breit und wird von fünf gleichweit unter sich abstehenden Rippen getragen. Jede Rippe ist beim Anfange des Bogens 76 Centimeter hoch und 61 am Scheitel, dabei 5 Centimeter dick mit Flan-

Fig. 138. *)

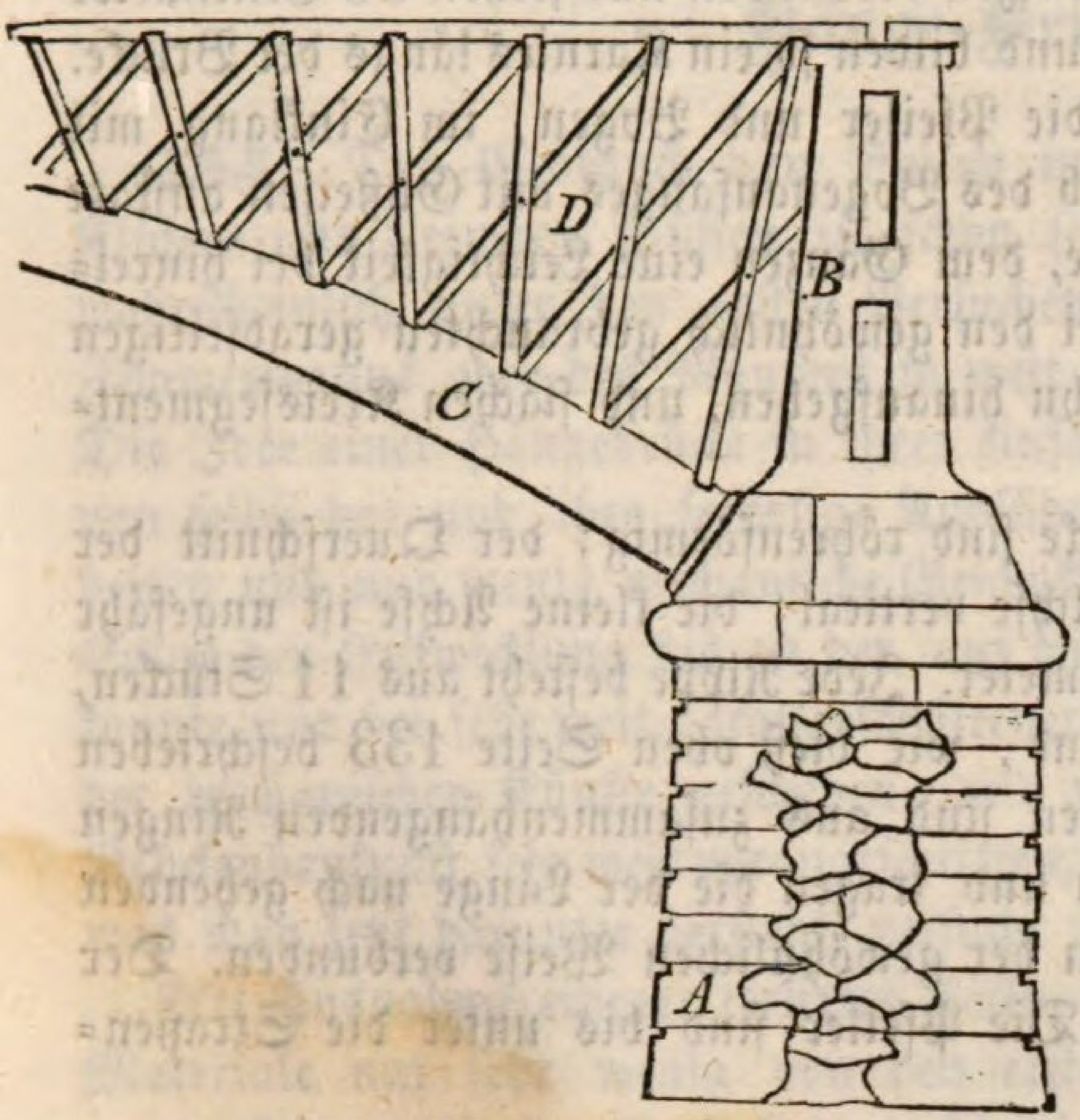
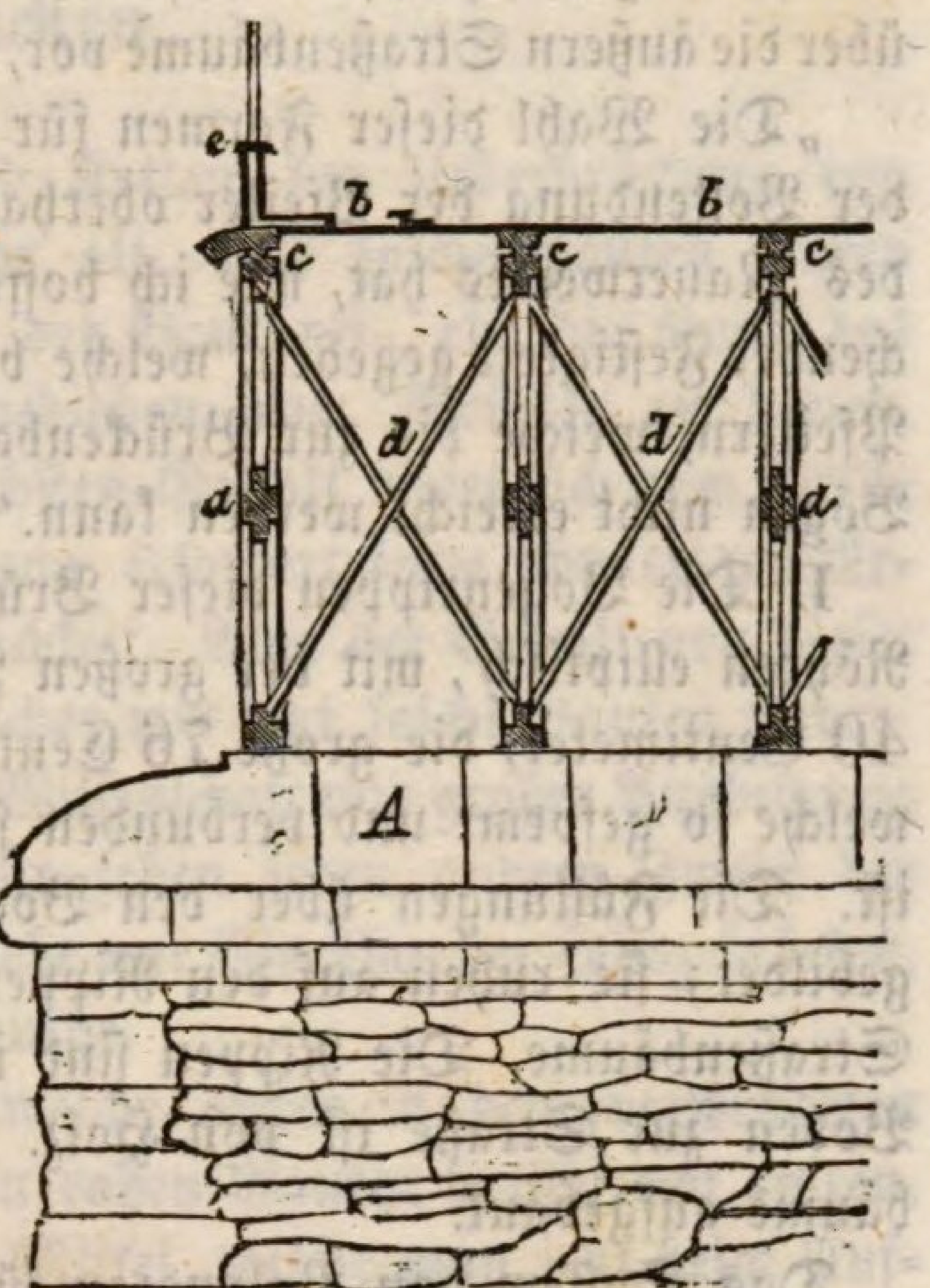


Fig. 139. **)



*) Fig. 138 zeigt einen Längendurchschnitt durch einen Pfeiler mit dem darauf befindlichen gußeisernen Ständer, worin man die Verbindung der gußeisernen Theile mit dem Steinpfeiler sieht.
A oberer Theil des Pfeilers.
B gußeiserner Ständer.
C Bogenrippe.
D Füllung über dem Bogen.

**) Fig. 139 ist ein Querschnitt durch die Brücke (Fig. 138) durch die Achse des Pfeilers.
A ein Theil des Pfeilers.
a, a gußeiserne Ständer.
b, b Straßenplatten, welche auf den Straßenbäumen c, c liegen.
d, d diagonale Streben der Ständer.
e Straßeneinfassung, auf welcher die Brustwehr steht.

schen oben und unten, welche bei 5 Centimeter Dicke 15 Centimeter Breite haben; jede Rippe ist in fünf einzelnen Stücken gegossen. In den Stoßfugen sind diese Stücke, welche hierzu Flanschen tragen, unter sich und mit Bindplatten durch Schraubenbolzen verbunden. Diese Bindplatten sind so lang als die Brücke breit, und so hoch wie die Rippen. Zwischen diesen Platten sind die Rippen noch durch gerippte Querbalken oder diagonale Streben verbunden, welche durch Schraubenbolzen an die Hauptrippen festgehalten werden.

„Die Platten, auf welchen die Rippenenden ruhen, sind 7,6 Centimeter dick mit hervortretenden Höhlungen, um die Rippenenden aufzunehmen, welche doppelte Vorsprünge haben. Diese Platten sind in die Pfeiler und Landfesten eingelassen, deren oberste Schichten von Granit sind. Die Ständer auf den Pfeilern und die Füllungen über den Bogen sind gerippte Gußstücke, transversal durch diagonale Streben und schmiedeiserne Barren die durch gußeiserne Röhren gehen, verbunden mit Vorsprüngen, gegen welche sich die verschiedenen Theile stützen. Die Straßenbäume sind 18 Centimeter tief und 4 Centimeter dick mit einer entsprechenden Flansche oben und unten; sie sind an die Pfeilerständer durch Schraubenbolzen befestigt, wobei die Bolzenlöcher groß genug sind, um eine Ausdehnung oder Zusammenziehung durch die Wärme zu gestatten; die Straßenplatten sind 2,2 Centimeter dick und 91 Centimeter

breit, mit Flanschen und Schraubenbolzen verbunden und stehen 30 Centimeter über die äußern Straßenbäume vor, und bilden so ein Karnies längs der Brücke.

„Die Wahl dieser Formen für die Pfeiler und Bogen, im Einklang mit der Vollendung der Pfeiler oberhalb des Bogenanfanges mit Gußeisen anstatt des Mauerwerkes hat, wie ich hoffte, dem Ganzen eine Leichtigkeit bei hinreichender Festigkeit gegeben, welche bei den gewöhnlich gebrauchten geradseitigen Pfeilern, welche bis zur Brückenbahn hinaufgehen, und flachen Kreissegment-Bögen nicht erreicht werden kann."

I. Die Bogenrippen dieser Brücke sind röhrenförmig; der Querschnitt der Röhren elliptisch, mit der großen Achse vertical; die kleine Achse ist ungefähr 40 Centimeter, die große 76 Centimeter. Jede Rippe besteht aus 11 Stücken, welche so geformt und verbunden sind, wie dieß oben Seite 133 beschrieben ist. Die Füllungen über den Bogen sind aus zusammenhängenden Ringen gebildet; sie ruhen auf den Rippen und tragen die der Länge nach gehenden Straßenbäume. Die Rippen sind in der gewöhnlichen Weise verbunden. Der Boden zur Straße ist von Holz. Die Pfeiler sind bis unter die Straßenbäume aufgebaut.

Das System von Polonceau für gußeiserne Brücken ist leicht und elegant. Der Erfinder behauptet, seine Brücken seyen ökonomischer als die nach andern Verbindungen, also leichter bei gleicher Stärke. Man hat denselben vorgeworfen, sie seyen weniger steif; was der Erfinder als einen Vorzug betrachtet, und weßhalb er gerade die ringförmigen Träger verwendet, weil diese mehr Elasticität hätten als die andern Füllungen.

554. Wirkungen der Temperatur auf Stein- und gußeiserne Brücken. Die Wirkungen des Temperaturwechsels auf gemauerte Massen sind schon längst bekannt. Die Wirkung desselben auf das Gleichgewicht der Bogen ist zuerst von Vicat bei der von ihm zu Souillac erbauten Brücke untersucht worden, in deren Fugen man periodische Aenderungen, tägliche und jährliche wahrnahm. Aehnliche Erscheinungen hat George Rennie sehr genau bei der steinernen Brücke zu Staines aufgezeichnet.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich schließlich, daß die Fugen von steinernen Brücken in den Bogen und der Hintermauerung periodisch ihre Lage ändern, daß also zeitweise der Schub auf die Widerlager wachsen muß, ohne daß jedoch daher unter gewöhnlichen Umständen irgend eine Gefahr für die Stabilität des Baus zu befürchten wäre.

Als man zuerst eiserne Brücken bauen wollte, wurde der Einwurf gegen sie erhoben, daß der Temperaturwechsel bei ihnen zu große Bewegungen bedinge. Das Mißlingen der gußeisernen Brücke zu Staines, wegen zu schwacher Widerlager, wurde diesem Einflusse aufgebürdet. Um diese Sache in's Klare zu bringen, stellte Sir John Rennie sehr sorgfältige Beobachtungen an der von seinem Vater erbauten Southwark-Brücke an. Aus diesen Beobachtungen ergab sich, daß die mittlere Erhebung des mittleren Bogens an dem Scheitel etwas über ein Millimeter für einen Grad (der 100theiligen Scala) Temperaturerhöhung betrug, oder 31 Millimeter für 25 Grad. Diese Formänderung und der davon rührende größere Gewölbschub kann in keiner merklichen Weise die Stabilität dieses oder jedes ähnlichen Bauwerkes beeinträchtigen.

Hänge-Brücken.

555. Der Gebrauch von Seilen und Ketten zur Ueberbrückung von Klüften und kleineren Flüssen ist schon sehr alt, und solche Bauten waren wahrscheinlich unter den ersten Versuchen der Baukunst, ehe die Kunst des Zimmermanns oder des Maurers so weit gediehen war, Brücken zu bauen. Die Idee einer Hängebrücke in ihrer einfachsten Gestalt bietet sich dem Geiste von selbst dar und ihre sofortige Ausführung erfordert keine schwierigen Arbeiten und nur wenig mechanische Geschicklichkeit. Aber der Schritt von dieser Stufe der Entwicklung bis zu der, auf welcher wir jetzt solche Bauten finden konnte nur bei sehr weit vorangeschrittener Wissenschaft und großer Ausbildung der mechanischen Künste geschehen, und wir sehen jeden andern Zweig der Brückenbaukunst sehr weit vorangeschritten, ehe nur Ein Bau der Hängebrücken, was man jetzt darunter versteht, versucht wurde.

Mit Ausnahme einiger isolirter Fälle, welche außer in dem verwendeten Materiale nur sehr wenig von den ersten rohen Bauten verschieden waren, wurde kein namhafter Versuch gemacht, die Mittel, welche man jetzt beim Aufhängen einer Straßenbahn verwendet, nach bestimmten Regeln zu ordnen, bis im Jahr 1801 Finlay in Amerika ein Patent nahm, in welchem die Art wie man die Tragketten aufhängen wollte und wie durch diese die Brückenbahn getragen werden sollte, speciell angegeben war, und zwar so, wie man noch jetzt in allen wesentlichen Punkten dieß befolgt. Seitdem ist eine große Anzahl solcher Bauten sowohl in den Vereinigten Staaten als in Europa aufgeführt worden, und in einigen Fällen sind Thäler und Ströme auf diese Weise übersetzt worden, welche in jeder andern Weise der Kunst des Ingenieurs Hohn gesprochen hätten.

Eine Hängebrücke besteht aus den Pfeilern, auf welchen die Tragketten hängen, aus den Widerlagern, Landfesten, an welchen die Kettenenden verankert sind; aus den Tragketten (**main chains; chaînes, cables**), welche die Brückenbahn mit Hilfe von verticalen Trägern, Hängestangen (**suspending-chains; tiges de suspension**) halten, und endlich aus der Brückenbahn.

556. Die allgemeinen Grundsätze, welche bei der Anwendung biegsamer Träger anzuwenden sind, haben wir schon oben Seite 134 u. f. betrachtet; hier soll nur das, speciell die Hängebrücken Betreffende nachgeholt werden.

557. Eintheilung. Der natürliche Wasserweg kann in irgend eine Anzahl gleich großer Abtheilungen, je nach der Oertlichkeit gebracht werden, wobei man die Kosten hoher und niederer Pfeiler, der Tragketten und der Hängestangen im Auge behalten muß.

Eine Brücke mit einem Bogen von beträchtlicher Weite bietet einen kühneren und monumentaleren Anblick dar als eine Brücke mit mehreren Bogen, und unter sonst gleichen Umständen sind die Stabilität der erstern größer und die Schwankungen durch eine bewegliche Last kleiner als bei den andern.

Zieht man zwei Bogen vor, so kann die Kette durch einen einzelnen mittleren Pfeiler getragen werden, oder durch drei Pfeiler von gleicher Höhe. Ist

die Oertlichkeit der Anlage eines mittleren Pfeilers günstig, so bilden die Ketten auf jeder Seite desselben herabgehende Curven, deren tiefste Punkte an den Landfesten liegen. Die Spannung der Kette ist hier dieselbe wie wenn man nur einen Bogen von der Spannweite der beiden zusammen und demselben Pfeil des Kettenbogens angewendet hätte.

Will man statt der beiden Halbbogen zwei ganze Bogen anwenden, so muß man drei Pfeiler haben, welche nur halb so hoch seyn müssen als die bei einem einzigen Bogen. Dann ist die Spannung der Kette ebenfalls nur halb so groß als in dem letzten Falle und die Landfesten und die Verankerungen bedürfen also nur der halben Festigkeit.

In Europa wurden nach dem Beispiele der Hammersmithbrücke häufig drei Bogen angewendet; ein ganzer in der Mitte und zwei halbe auf beiden Seiten, wobei man nur zwei Pfeiler bedurfte; es fällt diese Anordnung ganz mit der ersten zusammen, wenn man dort die beiden Pfeiler weit genug in den Fluß vorrückt.

558. Pfeiler. Sie sind gewöhnlich Massen von Mauerung, welche auf einem gewöhnlichen Fundamente ruhen, über die Brückenbahn säulenförmig auf beiden Seiten derselben aufsteigen und gewöhnlich oben wieder verbunden sind. In der Regel hat der Pfeiler die Form eines Thorbogens über der Brückenbahn, welchem sich zuweilen auf beiden Seiten kleinere Durchgänge für die Fußwege anschließen.

Man hat es versucht Pfeiler in der Form von Säulen oder Obelisken anzubringen; allein man findet an diesen Pfeilern zu viel Beweglichkeit; sie vibriren unter dem Einflusse der Ketten, und bewirken dadurch rückwärts wieder größere Schwankungen der Ketten. Diese hat man um so stärker beobachtet, je höher und schlanker die Säulen waren.

Gußeiserne Pfeiler, in der Form von Säulen, welche am Gipfel durch Platten verbunden sind, hat man mit Erfolg angewendet.

Die Dimensionen der Pfeiler hängen von ihrer Höhe und dem Zug der Ketten ab. Von Stein erbaut muß die Mauerung mit der größten Sorgfalt aus großen gut verbundenen Blöcken, die mit eisernen Klammern zusammengehalten sind, ausgeführt seyn. Die Höhe der Pfeiler hängt hauptsächlich von der Oertlichkeit ab. Jedenfalls müssen sie hoch genug seyn um Fuhrwerke unter dem Thorbogen durchzulassen.

559. Landfesten. Die Form und die Dimensionen der Landfesten hängen von der Art der Verankerung der Ketten ab. Sollen die Ketten verankert werden, ohne sie aufwärts zu biegen, so können die Landfesten in einer schweren Masse von Rauhmauerung bestehen, welche durch ihr Gewicht und durch die Art ihres Verbandes dem Zuge der Kette hinreichend widersteht. Muß man um einen passenden Punkt für die Verankerung zu finden die Kette vertical aufwärts biegen, so muß man im Allgemeinen einen Bogen an dem Orte aufführen wo die Biegung der Kette stattfindet, welcher stark genug ist, der Resultante aus den Spannungen beider Kettentheile zu widerstehen, und welcher deßhalb aus schweren behauenen Steinen gut verbunden seyn muß. Sind diese Widerlager nicht zu weit von den Pfeilern entfernt, so kann man beide so verbinden, daß hierdurch die Stärke der Verankerung erhöht wird.

560. Haupt-Tragketten. Die Tragketten können aus Flacheisen, Rundeisen oder mit Drahtseilen zusammengesetzt seyn.

Die Hauptketten der früheren Hängebrücken hatten lange Glieder, welche auf die gewöhnliche Weise aus Rundeisen angefertigt waren; aber außer den größeren Kosten dieser Ketten haben sie leicht Fehler an der Schweißstelle und die langen Glieder verlieren bei starkem Zuge leicht die Form, weßhalb man ihnen Stege geben muß, um ihre Form zu bewahren. Ketten aus langen Gliedern von Flacheisen, welche gewöhnlich durch kürzere verbunden sind, haben deßhalb die Ketten mit den gewöhnlichen ovalen Gleichen verdrängt.

Die Breite der Kette ist gewöhnlich durchaus dieselbe; bei einigen neueren Brücken hat Dredge in England die Breite der Kette von der Mitte gegen die Aufhängepunkte hin gleichförmig zunehmen lassen, indem er nach und nach die Zahl der Barren eines Kettengliedes zunehmen ließ. Zu dieser Aenderung in der Form der Tragketten legt Dredge noch die Hängestangen in eine verticale Ebene, welche parallel zur Achse der Brücke ist, worin aber die einzelnen Stangen alle gegen den Mittelpunkt der Curve geneigt sind. Nach Versuchen scheint es, daß diese Modificationen bei gleichem Aufwand an Material bedeutend mehr Stärke geben.

Die Zahl und Anordnung der Ketten hängt von der Spannung ab, welche sie zu erleiden hat und von der Lage der Fahrbahn und der Fußwege. Für eine einfache Fahrbahn werden die Tragketten auf jeder Seite der Fahrbahn angebracht, so daß sie die verlangte Breite dieser Bahn zwischen sich lassen. Verlangt das zu tragende Gewicht eine so große Zahl von Barren in der Kette, daß der Pfeiler bedeutend verbreitert werden müßte, so nimmt man statt einer Kette zwei oder mehr, welche man übereinander legt. Hat man zwei Fahrbahnen mit Fußwegen, so kann man mehrere Reihen von Ketten nebeneinander legen, wobei man die Stärke jeder Kette nach der von ihr zu tragenden Last bemessen muß; zugleich muß man darauf sehen, daß selbst beim stärksten Sturme die Ketten bei ihren heftigen Schwankungen sich nicht verwickeln können.

Einige Glieder der Hauptketten müssen mit Justirungsschrauben versehen seyn oder mit Keilen, um beim Legen der Kette dieser die gehörige Spannung geben zu können, so daß sie die gewünschte krumme Linie bildet.

Die Ketten sind entweder an einen beweglichen gußeisernen Sattel der auf dem Pfeiler mit Rollen ruht, befestigt, oder gehen über diesen Sattel, um so hinreichende Beweglichkeit zu erhalten, wenn eine Last über die Brücke hingeht. Dasselbe kann man erreichen, wenn man die Enden der Ketten an ein an dem obern Ende des Pfeilers aufgehängtes Pendel befestigt.

In den Landfesten sind die Ketten durch gußeiserne Anker befestigt, welche so geformt sind, daß sie die Kettenenden aufnehmen können und welche in die Landfesten eingelagert sind. Sind diese Anker unter dem Boden, so muß man dennoch zu ihnen gelangen können, um sie von Zeit zu Zeit zu prüfen.

561. Hängestangen. Diese müssen an solchen Punkten der Hauptketten aufgehangen seyn, und die Straßenbäume so tragen, daß die Last gleichförmig über die Hauptketten vertheilt wird. Sie müssen mit einem passenden Ge=

lenke die Sattelstücke umfassen, welche auf den Hauptketten liegen, und am untern Ende eine passende Auflage für die Straßenbäume haben.

Diese Hängestangen sind gewöhnlich vertical; bei einigen neueren Brücken sind sie gegen die Mitte hin geneigt, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben.

562. Straße. Die Hängestangen tragen quer unter der Straße liegende Bäume, auf welchen ein Boden von Holz die Straße trägt. Die Straßenbäume hat man einigemal von Eisen genommen; allein jetzt wird allgemein Holz dazu verwendet.

Die Brustwehr wird auf gewöhnliche Weise entweder aus Schmiedeisen, aus Holz oder aus einer Verbindung von Gußeisen und Holz hergestellt. Jetzt zieht man Holz oder Holz mit Gußeisen vor, da man beobachtet hat, daß ein steifes Holzgeländer die Schwankungen, welche die Brücke bei heftigem Sturme annimmt, etwas beschränkt und damit den Bau schützt.

Bei einigen der neueren Brücken hat man ähnlich der Brustwehr ein Holzwerk unter der Brücke angebracht, um diese mehr gegen Stürme zu schützen.

Liegt die Straße über den Ketten, so kann eine Anzahl einfacher Ketten zu ihrer Unterstützung dienen. Zimmerungen aus Pfosten von Holz oder gußeisernen Säulen, die durch diagonale Streben verbunden sind, liegen auf den Ketten und tragen die entweder quer oder der Länge nach darüber laufende Brückenbahn.

563. Schwankungen. Die Schwankungen der Hängebrücken durch Stürme oder bewegliche Lasten müssen auf das kleinstmögliche Maaß zurückgeführt werden, indem man die Straßenbäume und das Geländer gehörig verstrebt, und die Bahn gegen die untern Schichten der Pfeiler oder gegen Fixpunkte an den Ufern stützt, wenn solche erreicht werden können.

Die Rechnung wie die Erfahrung lehren, daß die Schwankungen durch eine bewegliche Last in ihrer Größe abnehmen, wenn die Spannweite wächst, oder bei derselben Spannweite der Pfeil der Kettenlinie abnimmt. Je schwerer die Brückenbahn ist, desto kleiner werden unter sonst gleichen Umständen die Schwankungen durch eine bewegliche Last, und um so geringer ist die von ihnen rührende Formänderung der Brücke.

Die Schwingungen durch eine bewegliche Last greifen die Brücke selten in einem schadenbringenden Grade an, wenn sie sich nicht periodisch wiederholt, wie bei dem regelmäßigen Schritte marschirender Soldaten. Auf diesem Wege sind ernste Unfälle erfolgt; ebenso bei dem Hinübertreiben von Vieh und bei dem plötzlichen Fortgang eines Gedränges von einer Seite der Brücke zur andern. Diesen Unfällen kann man nur durch eine gute Brückenpolizei entgegentreten.

An einigen Punkten der Brückenbahn oder an Fixpunkten außer derselben kann man Kettenstützen anbringen, oder auch wenn dieß seyn kann eine umgekehrte Curve unter der Brückenbahn. Das Erste ist das Wirksamste, aber es verursacht unangenehme Biegungen an dem Punkte wo die Stütze angebracht ist, wenn eine vorübergehende Last die Tragkette hebt. Je schiefer man die Stützen stellt, um so länger, kostspieler und weniger wirksam werden sie. Stützen in der Form einer umgekehrten Curve erhalten die Form der Brückenbahn bei einer darüber bewegten Last besser, allein sie verhüten die Schwan-

kungen weniger gut als einzelne Stützen. Keine dieser Methoden bringt außer bei kleinen Spannweiten große Dienste. Bei großen Spannweiten bringt der Temperaturwechsel bedeutende Aenderungen in der Länge der Stützen hervor, wodurch diese ungleich auf die Brückenbahn einwirken; dieß ist besonders bei der umgekehrten Curve der Fall. Jedenfalls muß man Schrauben zum Richtigstellen für die äußersten Temperaturen anbringen.

Jetzt sind die Ingenieure darüber einig, daß das beste Mittel, die Weite und damit die nachtheiligen Wirkungen der Schwankungen zu begrenzen, in einer festen Verbindung bestehe, in welche man die Hölzer der Brückenbahn bringt, und in einem starken Geländer von Holz über der Bahn, dessen Holzwerk man zuweilen noch unter die Bahn fortsetzt. Diese Verbindungen bilden zwei oder mehr offen gebaute Balken, wie es die Umstände verlangen, welche parallel nebeneinander stehen und durch das Zimmerwerk der Brückenbahn fest zusammengehalten sind, und von Strecke zu Strecke durch die Hängestangen getragen werden. Die Methode, die Brückenbahn in die Mittellinie des offenen Balkens zu legen, bietet den Vortheil, daß man geneigte diagonale Streben außer dem Zimmerwerke der Brückenbahn anbringen kann. Der Haupteinwurf gegen diese Anordnung ist die größere Belastung der Tragketten durch dieses Zimmerwerk. Diese größere Spannung innerhalb geeigneter Grenzen trägt aber gerade zur Sicherheit der Brücke bei, indem sie die Schwankungen und die Wirkungen der Stöße vermindert.

Als fernerer Schutz für die Stabilität des Baues dient die feste Verspannung der Brückenbahn an den Pfeilern.

564. Schutzmittel. Um die Ketten vor Oxydation zu schützen, müssen sie mehrmals mit Mennige oder andern dem Wasser undurchdringlichen Farben angestrichen werden, und dieses muß von Zeit zu Zeit wiederholt werden; zugleich muß man von vornherein die Formen so wählen, daß das Wasser nirgends stehen bleiben kann. Drähte zu Seilen schützt man vor Oxydation durch Eintauchen in eine alkalische Lösung. Ehe man sie in das Seil verwendet, werden sie dann mehrmals in kochendes Leinöl, das zuerst durch Kochen mit etwas Bleiglätte und Lampenschwarz vorbereitet ist, getaucht. Die Taue erhalten, ehe sie an Ort und Stelle kommen einen dicken Anstrich von demselben Oele, und zuletzt von Bleiweiß; das letzte sowohl um der Oxydation entgegenzuwirken, als auch um eine beginnende Oxydation durch die Färbung des Anstrichs zu erkennen.

565. Probe der Hängebrücken. Die schweren Unfälle, welche, begleitet von dem Verluste mancher Menschenleben, bei Hängebrücken vorgekommen sind, machen es durchaus nothwendig, daß die Brücke vor der Uebergabe derselben zum öffentlichen Gebrauche erprobt werde, und daß außerdem eine strenge Brückenpolizei die Bildung eines Gedränges auf der Brücke verhüte. In Frankreich und auf dem Continent im Allgemeinen, wo es eine der wichtigsten Pflichten der öffentlichen Polizei ist, für die Sicherheit des Lebens zu wachen, werden solche Vorschriften strenge eingehalten. Das Probegewicht, das in Frankreich für Hängebrücken angenommen ist, besteht in 200 Kilogramm für jeden Quadratmeter, außer dem Gewichte der Brücke selbst. Diese Probe wird zuerst auf die Hälfte reducirt, um die Mauerung während der

Mörtel noch frisch ist, nicht zu beschädigen. Es wird hierzu über die Brückenbahn ein passendes Material als Backsteine, Erde, Schutt und dergl. ausgebreitet. Außer dieser späteren Probe wird jedes einzelne Glied der Kette für sich probirt, um keine fehlerhaften Theile in dieselbe aufzunehmen. Bei den Drahttauen ist dieß nicht nothwendig, da das Ziehen des Drahtes selbst hinreichende Probe ist. Werden einige der Seilstücke probirt, so gibt dieß Garantie genug für das Ganze.

Aus den Versuchen des Obersten Düfour in Genf, eines der ersten und erfolgreichsten Erbauer von Drahtbrücken auf dem Continente, geht hervor, daß Eisendrähte ohne Gefahr zu zerreißen den Stoß eines Gewichtes von 20 Kilogramm, das einen Meter hoch herabfällt, aushalten können, wenn sie einen Quadratmillimeter im Querschnitt haben, und zugleich bis zum dritten Theile ihrer absoluten Festigkeit belastet sind; und er schließt, daß eine Befürchtung: die Brücke könne durch Stöße Gefahr laufen, nachdem sie die gewöhnliche Probe ausgehalten hat, grundlos sey, und daß in dieser Beziehung die Sicherheit um so größer sey, je länger die Brücke ist, weil die Elasticität des Systems den besten Schutz gegen Stöße gewährt.

566. Dauer. Die Zeit ist der wahre Zeuge der Dauer dieser Bauten. So weit die Erfahrung geht, ist kein Grund vorhanden, den Hängebrücken weniger Dauer zu versprechen als den gußeisernen und selbst den steinernen Brücken, wenn die geeigneten Mittel sie vor Zerfall zu schützen und die Reparaturen fleißig ausgeführt werden. Ueber die Dauer der Drahtseile hat man Zweifel aufgestellt, doch scheinen diese durch die Versuche beseitigt, welche Düfour mit einer von ihm in Genf erbauten Brücke zwanzig Jahre nach ihrer Erbauung vorgenommen hat. Die Schwingungen wurden größer gefunden als zuerst, was von dem Schwinden des Holzwerkes herrührte; aber die Tragtaue und die Hängeseile, wie auch die Füße auf denen die Straßenbäume liegen, wurden ganz unverändert und frei von Rost gefunden; und die ganze Brücke bestand eine neue sehr schwere Probe ohne Schaden.

567. Die folgende kurze Beschreibung der Hauptheile einiger der bekanntesten Hängebrücken sind aus mehreren Schriften genommen.

Brücke über den Tweed bei Berwick. Dieß ist die älteste große Hängebrücke in Großbritannien. Sie wurde nach den Entwürfen des Capitän Brown erbaut, welcher für die Prinzipien ihrer Construction ein Patent nahm.

Spannweite . . . . 135,3 Meter,
Sinus Versus . . . 9,1 Meter.

Zahl der Tragketten zwölf, von denen je sechs auf jeder Seite der Brückenbahn in drei Reihen übereinander von je zwei Ketten liegen.

Die Ketten bestehen in langen Gliedern von Rundeisen, 5,1 Centimeter dick und 4,57 Meter lang. Sie sind durch Verbindungsglieder von Rundeisen, 2,85 Centimeter Durchmesser und ungefähr 18 Centimeter lang, und durch Bolzen verbunden.

Die Brückenbahn wird durch Hängestangen von Rundeisen getragen, welche abwechselnd an den drei Reihen Ketten befestigt sind. Die Straßenträger sind von Holz und liegen auf schmiedeisernen Langschwellen, welche von den Hängestangen getragen werden.

Menai-Brücke, nach den Zeichnungen von Telford erbaut und 1801 eröffnet.

Spannweite . . . . 182,8 Meter,
Sinus Versus . . . 13,1 Meter.

Zahl der Hauptketten 16, in Lagen von je 4, vertical übereinander.

Zahl der Barren in jedem Gliede 5.

Länge der Glieder 3,05 Meter.

Breite jedes Barren 8,3 Centimeter, Tiefe 2,5 Centimeter.

Verbindungsglieder 40,6 Centimeter lang, 20,3 Centimeter breit und 2,5 tief.

Verbindungsbolzen 7,6 Centimeter Durchmesser.

Ganzer Querschnitt der Hauptkette 1677 Quadratcentimeter.

Die Hauptketten sind in den Landfesten durch Bolzen von 2,74 Meter Länge und 15 Centimeter Durchmesser, welche in gußeisernen Schaalen liegen verankert. Die Landfesten, welche hohl und durch passende Tunnels zugänglich sind, bestehen aus dem dichten Fels.

Auf den Pfeilern liegen gußeiserne Sättel, auf welchen die Tragketten ruhen. Die Grundfläche eines solchen Sattels ruht auf Rollen in Vertiefungen des Sattels, welche selbst an einer converen cylindrischen Fläche von Gußeisen in Vertiefungen befestigt sind, und so den Ketten eine kleine Verschiebung durch bewegliche Lasten oder Temperaturwechsel gestatten.

Die Brückenbahn ist in zwei Fahrbahnen, jede 3,66 Meter breit mit einem Fußweg von 1,2 Meter Breite zwischen beiden getheilt. Das Gezimmer der Brückenbahn besteht in 444 schmiedeisernen Brückenträgern, 89 Millimeter hoch und 13 Millimeter breit, welche in der Mitte jeder Fahrbahn durch ein umgekehrtes Gespärre unterstützt sind. Das letzte besteht aus zwei gebogenen eisernen Bändern, welche einen verticalen Barren tragen, der die Straßenträger an der erwähnten Stelle unterstützt. Die Brückenbahn selbst ist aus zwei Lagen Bohlen gebildet; die unterste ist 76 Millimeter dick, liegt auf den Straßenträgern und ist an diese befestigt. Sie ist mit Patentfilz überkleidet, der mit kochendem Theer getränkt wurde. Die zweite Bohlenschichte ist 51 Millimeter dick und auf die erste aufgenagelt.

Die Brückenbahn ist mit gegliederten Stangen und Bügeln an den Straßenträgern an die Verbindungsbolzen der Tragketten aufgehängt.

Die Pfeiler sind über dem Hochwasser 46,3 Meter hoch. Sie haben Bogenöffnungen für jede Fahrbahn, und die Massen an den Seiten dieser Thorbogen sind hohl mit einer querliegenden Verbindungsmauer zwischen den äußeren Hauptmauern.

Die Brustwehr besteht aus schmiedeisernen verticalen und horizontalen Stangen, welche durch ein Netzwerk verbunden sind.

Diese Brücke wurde durch einen heftigen Sturm bedeutend beschädigt, welcher so heftige Schwankungen verursachte, daß die Hauptketten zusammenschlugen und die Köpfe der Bolzen abbrachen. Um die Wiederkehr ähnlicher Unfälle zu verhindern, wurde zwischen die Tragketten ein Gezimmer von gußeisernen Röhren mit diagonalen Verbindungsstücken gebracht, indem man Querstangen von Schmiedeisen durch diese Röhren gehen ließ und diese an die äußersten Ketten gut befestigte. Nach diesem wurde noch eine Anzahl von

starken hölzernen Straßenträgern unter die schmiedeisernen befestigt, da man diese gebogen und zum Theil in Folge der Schwankungen gebrochen fand.

Das ganze Gewicht der Brücke, die Tragketten, Brückenbahn und Alles was daran hängt zusammen, beträgt 653000 Kilogramm.

Die **Freiburger Drahtbrücke** über das Thal der Saane wurde im Jahr 1832 von dem französischen Ingenieur Chaley erbaut.

Die Spannweite ist 265 Meter,

Der Sinus Versus 19,3 Meter.

Auf jeder Seite der Bahn liegen zwei Tragseile in gleicher Höhe und ungefähr 40 Millimeter auseinander.

Jedes Seil besteht aus 1056 Drähten, jeder von 3 Millimeter Durchmesser, welche zu einem cylindrischen Seile durch einen darum gewickelten spiralförmigen Draht zusammengehalten werden. Der Durchmesser des Seils wechselt von 127 bis 140 Millimeter. Die Seile gehen über drei feste Rollen auf der Firste der Pfeiler, auf welchen sie ohne Band ausgebreitet liegen, und sind dort jedes an zwei andere Seile vom halben Durchmesser befestigt, welche in einiger Entfernung hinter den Pfeilern in verticalen Schächten verankert sind; beim Eingang in den Schacht geht das Seil über eine feste Rolle.

Die Hängestangen sind Seile von schwächerem Drahte; ihr Durchmesser ist 25 Millimeter; sie haben an jedem Ende eine Schlinge um ein passendes Stück Gußeisen, das ein Auge bildet um den Hacken des Bügels aufzunehmen, in welchem der Straßenträger liegt oder das geschmiedete Sattelstück, das auf den beiden Tragketten für jede Hängestange liegt.

Die Straßenträger sind von Holz; sie sind in der Mitte tiefer als an beiden Enden, und die obere Fläche derselben ist conform mit der etwas gewölbten Brückenbahn; sie liegen von Mitte zu Mitte 1,5 Meter auseinander, und je der vierte springt an beiden Seiten einen Meter über die andern vor, und trägt mit diesen Vorsprüngen schmiedeiserne Stützen für das Geländer der Brücke. Die Fahrbahn ist 4,75 Meter weit und aus zwei Lagen Bohlen hergestellt. Die Fußwege 1,8 Meter breit liegen höher als die Fahrbahn und ruhen auf Langschwellen von großen Dimensionen. Die innere ist an die Straßenbäume durch eiserne Bügel, welche sie umfassen, befestigt, die äußere Schwelle ist mit den Straßenträgern durch lange eiserne Schraubenbolzen verbunden, welche durch die oberste Schiene des Geländers gehen. Die Brückenbahn hat eine schwach convexe Form nach der Richtung der Achse; der mittlere Punkt liegt von 45 bis 90 Centimeter höher als die beiden Enden, je nach der Temperatur. Die Tragketten reichen in der Mitte beinahe bis auf die Brückenbahn herab.

Das Geländer ist ein offen gebauter Balken, welcher aus der obern Schwelle, der untern, welche die schon erwähnte äußere Schwelle des Fußwegs ist, und aus diagonalen in diese beiden Schwellen verzapften Streben besteht. Das Ganze ist durch eiserne Bolzen zusammengehalten, welche durch die Brustlehne und die Straßenträger gehen. Diese Verbindung des Geländers und die Neigung der Hängestangen gegen die Achse der Brückenbahn geben dieser große Festigkeit und wirken sowohl den Querschwingungen als denen nach der Länge entgegen.

Die Pfeiler bestehen aus zwei Säulen von dichtem Mauerwerke, 20 Meter über der Bahnebene hoch, welche in 10 Meter Höhe über der gleichen Bahn durch einen Halbkreisbogen von 6 Meter Spannweite verbunden sind.

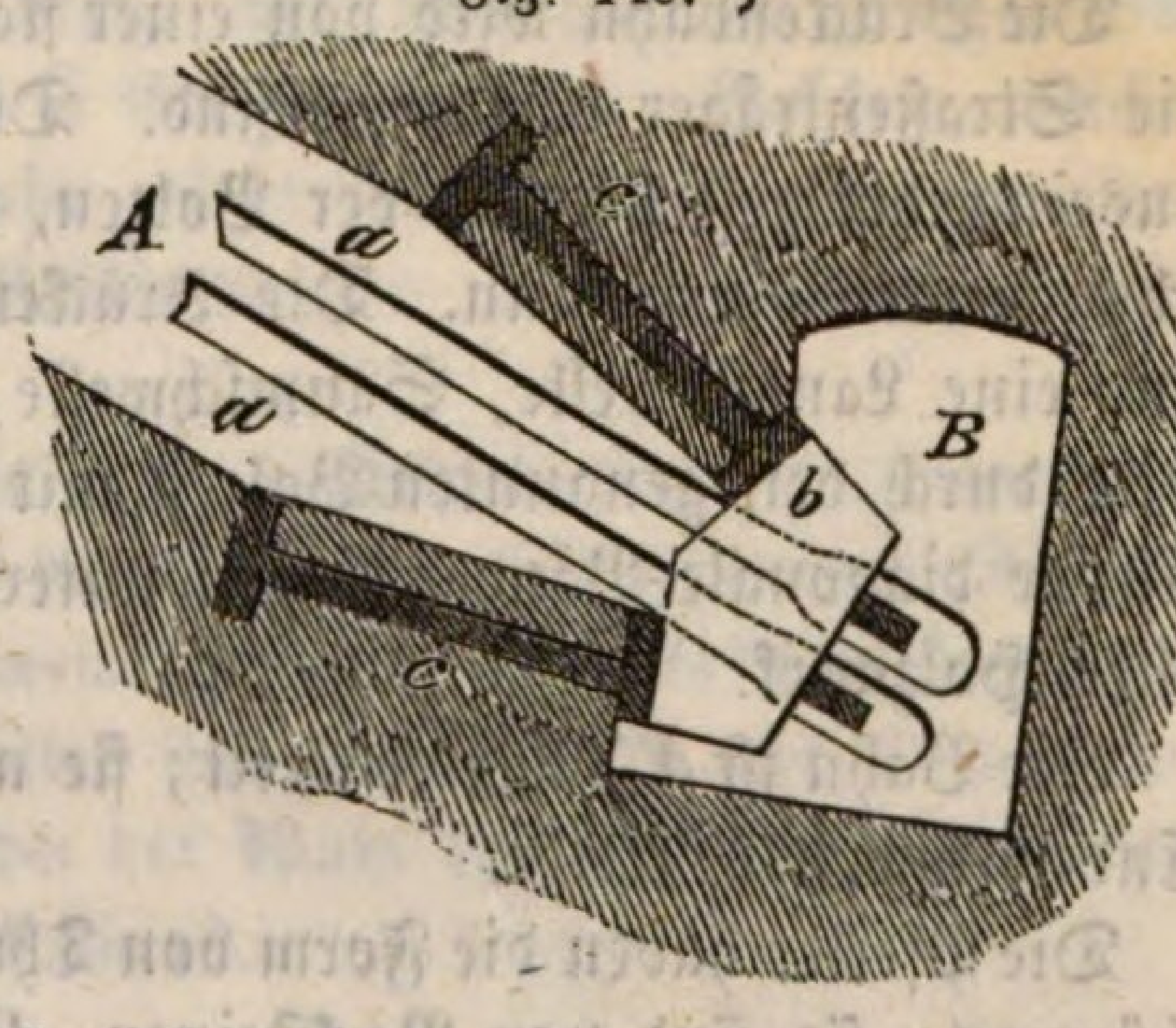
Hungerford- und Lambeth-Brücke über die Themse, nach den Entwürfen von Brunel erbaut.

Diese Brücke ist nur für Fußgänger bestimmt; sie hat die größte Spannweite aller bis dahin erbauten Kettenbrücken.

Spannweite . . . 206 Meter,
Sinus Versus . . 15,2 Meter.

Die Brücke wird von vier Hauptketten getragen, von denen je zwei auf jeder Seite der Brücke übereinander liegen. Diese Ketten sind ganz aus langen Gliedern von Flacheisen gebildet. Die Glieder nahe an dem Mittelpunkte der Curven bestehen abwechselnd aus 10 und 11 Barren, die in der Nähe der Pfeiler aus 11 oder 12 Barren. Die Barren sind 7,31 Meter lang, 178 Millimeter hoch und 25 Millimeter breit. Sie sind durch Kuppelbolzen von 117 Millimeter Durchmesser miteinander verbunden, welche an jedem Ende durch gußeiserne Muttern von 203 Millimeter Durchmesser und 70 Millimeter Dicke die Barren zusammenhalten. Das Ende jeder Kette ist mit einem gußeisernen Sattel mittelst Bolzen durch die verticalen Rippen des Sattelstückes, deren 15 sind, verbunden. Die Bodenfläche des Sattels ruht auf 50 Frictionsrollen, welche auf einem starken horizontalen Lager von Gußeisen ruhen. Der Sattel kann horizontal 450 Millimeter fortgehen, einen Weg von dem Mittel und so die Ungleichheiten in der Spannung der Hauptketten ausgleichen, kommen diese Ungleichheiten von einer über die Brücke gehenden Last oder von Temperaturänderungen.

Fig. 140.*)



Die Seiten-Hauptketten sind auf gleiche Weise an dem Sattel befestigt und am andern Ende in ein von Backsteinen erbautes Widerlager verankert. Bei dieser Verankerung (Fig. 140) gehen die Ketten durch eine starke gußeiserne Platte, und sind durch Keile hinter derselben festgehalten. Die Ankerplatte wird durch zwei starke gußeiserne Balken in ihrem Orte erhalten, auf welche der Zug fortgepflanzt wird.

*) Fig. 140 zeigt die Verankerung der Seiten-Hauptketten.
A geneigter Gang, der zu der Kammer B der Verankerung führt.
a, a zwei Hauptketten, die durch die gußeiserne Platte b gehen und hinter derselben mit Keilen befestigt sind.
c, c Querschnitte der gußeisernen Streben, welche die Platte b halten.

Die Hängestangen (umstehende Fig. 141) sind mit beiden Ketten verbunden; mit der obern durch ein Sattelstück und Bolzen, mit der untern durch die Verbindungsbolzen der Kette selbst, in einer Anordnung, welche der Hängestange hinreichend freie Beweglichkeit läßt. Am untern Ende greifen die Hängestangen in das gabelförmige Ende eines Bolzens, welcher die Brückenhölzer fest zusammenhält (Fig. 142).

Fig. 141. *)

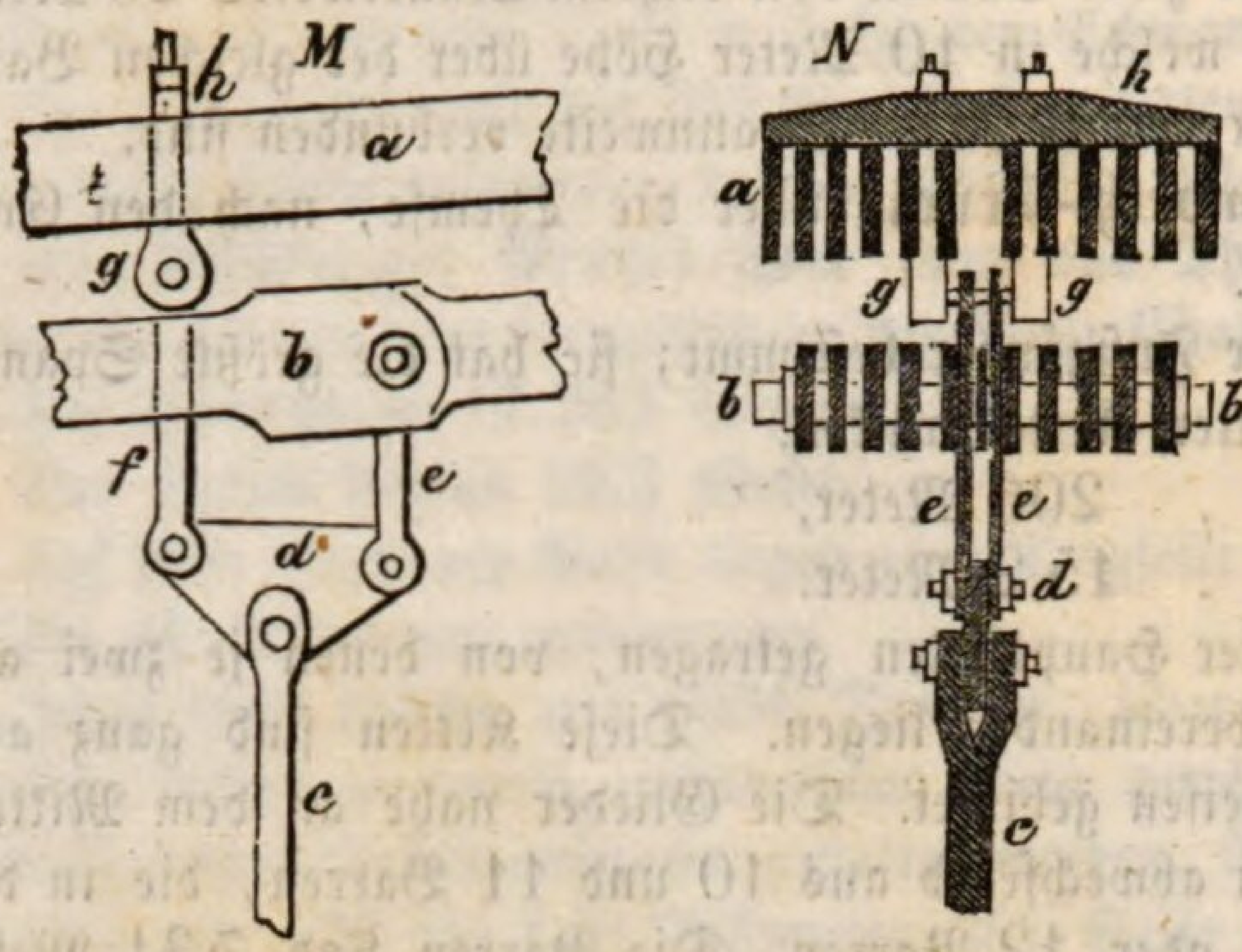
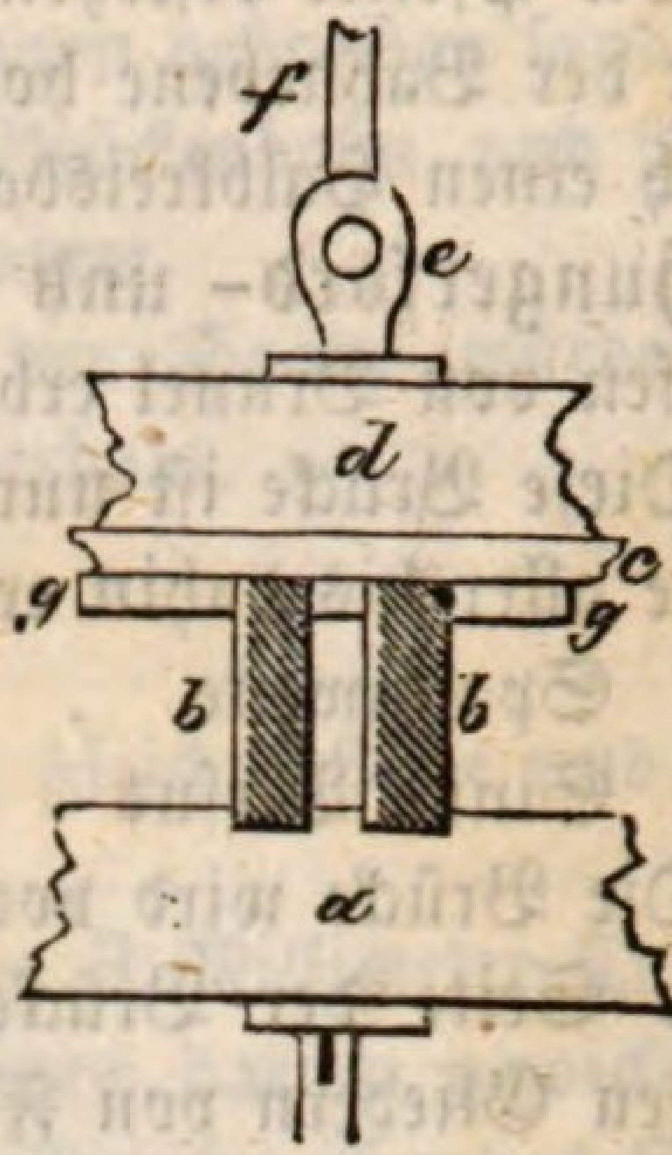


Fig. 142. **)



*) Fig. 141. Aufriß M und Querschnitt N der Verbindung der Hängestangen mit den Tragketten.
a, a obere Tragkette.
b, b Verbindungsbolzen der untern Kette.
c Hängestange; sie nimmt mit einem gespaltenen Kopfe die Platte d auf, welche durch die Stangen e und f an den Kuppelbolzen der untern Kette und an den beiden Bolzen g, g hängt, welche an dem Sattelstücke h auf der obern Tragkette befestigt sind.

**) Fig. 142 zeigt einen Aufriß der Brückenbahn.
a Langschwelle.
b, b Straßenträger; sie sind paarweise zusammengestellt.
c Brückenbahn.
d Saumschwelle; sie bildet den Fuß des Geländers.
e Bolzen mit einem gabelförmigen Kopfe, um das Ende der Hängestange aufzunehmen, welche mit einer Schließe festgehalten wird; dieser Bolzen hält das Brückengezimmer zusammen.
g schmiedeiserne horizontale Diagonalbänder.

Die Brückenbahn wird von einer starken Bodenschwelle getragen, auf welche die Straßenträger verkämmt sind. Die Straßenträger sind paarweise so weit auseinander gestellt, daß der Bolzen, welcher an der Hängestange hängt, zwischen beiden durch kann. Die Brückenbohlen liegen auf den Straßenträgern und eine Langschwelle, Saumschwelle, welche den Fuß des Geländers bildet, wird durch den genannten Bolzen mit der Bodenschwelle verbunden. Schmiedeiserne diagonale Bänder liegen unter dem Boden horizontal und verbinden alles Holzwerk.

Die Bahn ist 4,3 Meter breit; sie neigt sich von der Mitte gegen die beiden Enden um 1,2 Meter.

Die Pfeiler haben die Form von Thürmen, ähnlich den italienischen Glockenthürmen; sie sind von Backsteinen, 24,4 Meter hoch und so construirt und mit den Sattelstücken auf ihren Gipfeln verbunden, daß sie keinen Schub erleiden, sondern nur den verticalen Druck der Hauptketten zu tragen haben.

Das ganze Gewicht des Baus mit einem Mehrgewichte von 500 Kilogramm auf jeden Quadratmeter der Brückenbahn gibt einen Druck von ungefähr 1,020,000 Kilogramm auf jeden Pfeiler. Die Spannung der Ketten ist hiernach zu 1,500,000 Kilogramm berechnet, während die sichere Tragkraft der Ketten 5,080,000 Kilogramm beträgt.

Monongahela Drahtbrücke. Diese Brücke zu Pittsburg in Pennsylvanien nach den Entwürfen und unter der Aufsicht von Röbling erbaut, hat

8 Brückenöffnungen von 57,3 Meter bis 57,9 Meter Weite. Sie ist eine der neuesten Bauten dieser Art in Amerika.

Die Brückenbahn jeder Oeffnung wird von zwei Drahtseilen von 114 Millimeter Durchmesser und von diagonalen Drahtseilen getragen, welche an denselben Punkten wie die Haupttragseile aufgehängt und mit verschiedenen Punkten des Brückenzimmerwerkes verbunden sind. Die Enden der Hauptketten der Brückenöffnungen sind an Pendelstangen befestigt, mit Hilfe von zwei schiefen Armen, welche mit den Pendelstangen verbunden sind. Diese Pendel sind oben an vier gußeisernen Säulen aufgehängt, welche mit den obern Enden sich einwärts neigen und fest untereinander verbunden sind; mit den untern Enden sind diese Säulen in einen steinernen Pfeiler verankert, welcher bis zu der Höhe der Brückenhölzer heraufreicht. Die Seitensäulen sind durch ein durchbrochenes Gitterwerk von Gußeisen verbunden; in der Fronte sind die Säulen auf gleiche Weise verbunden, doch so daß ein Durchgang für Fußgänger frei bleibt.

Je vier zusammengehörende Säulen sind oben durch gußeiserne Balken in der Form eines Gebälkes verbunden. Zwischen diesen Säulen geht der Fußweg durch; die Fahrbahn liegt zwischen diesen Pfeilern aus je vier Säulen.

Die Aufhängepunkte der Drahtseile liegen über der Mittellinie der Fußpfade, und die Seile sind so stark einwärts geneigt, daß die Scheitel der Curven gerade außen an die Fahrbahn kommen. Die Hängeseile haben die gleiche Neigung nach innen; man bezweckte damit mehr Steifheit und eine Verminderung der Seitenschwankungen.

Die Fahrbahn ist 6,7 Meter weit und jeder der zwei Fußpfade 1,5 Meter. Die Straßenträger liegen transversal, paarweise und sind 10,7 Meter lang, 43 Centimeter hoch und 11 Centimeter breit. Sie sind an den Hängeseilen befestigt. Der Brückenboden besteht aus 6 Centimeter dicken Bohlen, welche der Länge nach über die ganze Brückenbahn gelegt sind und aus einer zweiten Lage von 6 Centimeter dicken eichenen Brückenbohlen, welche querliegend die Fahrbahn bildet.

Das Geländer ist nach Town's Gitterwerk construirt, und geht so weit unter die Straßenträger, daß diese auf der untersten Schwelle des Gitters liegen und damit verkämmt sind. Eine zweite Schwelle verbindet die Straßenträger an ihrer obern Seite, und ein drittes Langholz schließt das Gitter am obern Ende. Auch hier war der Zweck bei der Wahl dieses Gitters die Vermehrung der Festigkeit und Steifheit des Baus.

Bewegliche Brücken.

568. Dieser Name wird für jeden Boden, getragen von einem passenden Zimmerwerke, gebraucht, der dazu dient eine Verbindung herzustellen oder nach Belieben zu unterbrechen, sey es zwischen zwei Theilen einer Brücke oder über einen kleinen Wasserweg. Man nennt diese Brücken auch Zugbrücken (**draw-bridges; ponts lévis**), gebraucht aber jetzt diesen Namen größtentheils nur für die Brücken, welche um eine horizontale Achse erhoben oder niedergelassen werden können, wobei die Achse entweder am Ende oder mitten

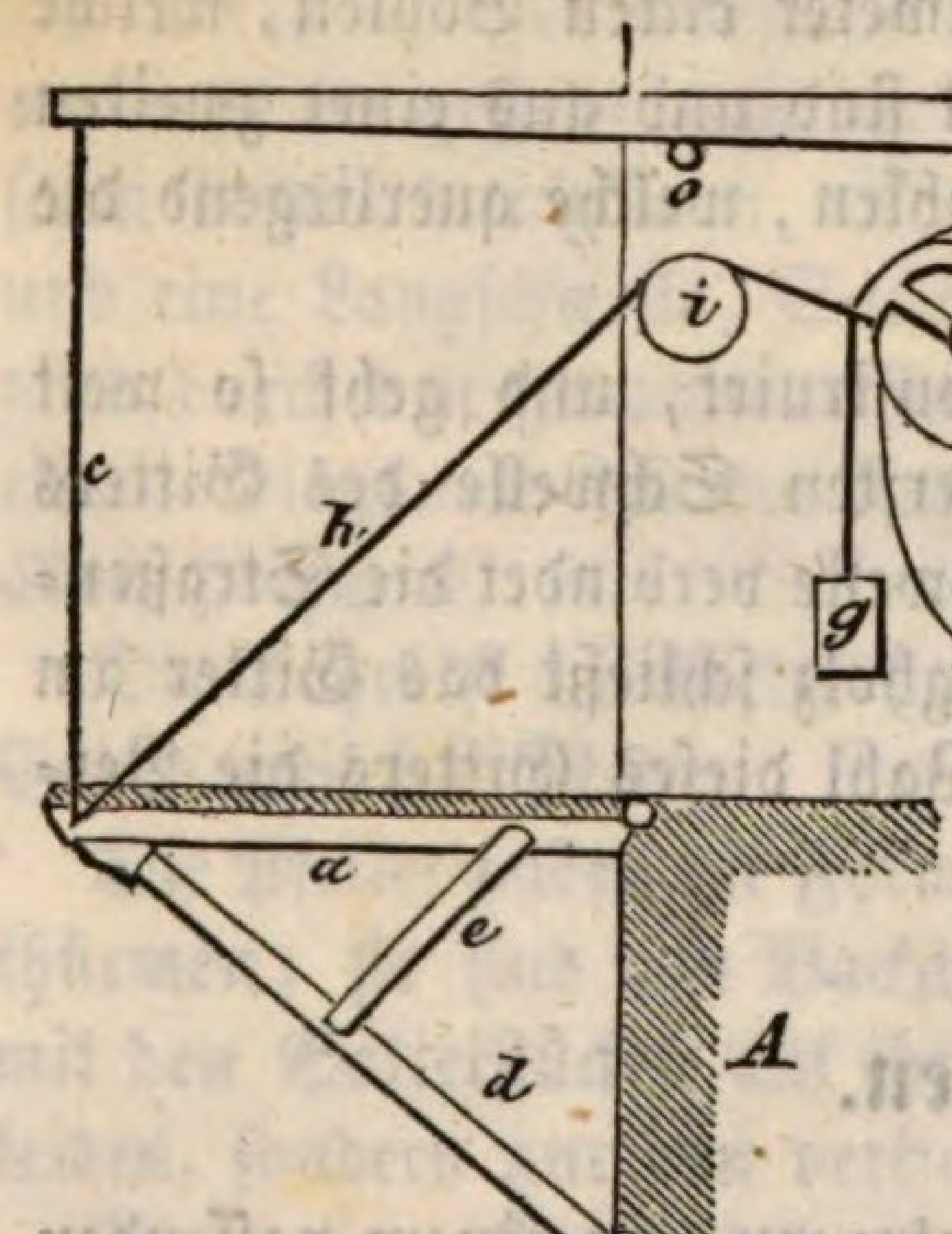
durch die Brücke angebracht ist, und ein Gegengewicht erlaubt mit geringer Kraft durch einen passenden Mechanismus die Brücke zu bewegen. Der Ausdruck Drehbrücke (turning oder swinging bridge; pont tournant) wird für eine sich horizontal um eine verticale Achse drehende Brücke gebraucht; Rollbrücke (rolling bridge; pont roulant) endlich heißt eine Brücke, welche horizontal auf Rollen vorwärts oder rückwärts geschoben werden kann, um so den Durchweg zu öffnen oder zu schließen.

Zu diesen Brücken kommt noch eine andere Klasse von beweglichen Brücken, welche aus einer Brückenbahn bestehen, die von einem oder mehreren auf dem Wasser schwimmenden Booten getragen werden.

569. Die örtlichen Umstände werden immer bei der Wahl der Art der beweglichen Brücken leiten. Ist die Weite welche durch sie überdeckt werden soll, nicht über 7,5 Meter, so ist eine Brücke hinreichend; für größere Weiten nimmt man zwei symmetrische Theile.

570. Zugbrücken. Liegt die horizontale Drehachse einer solchen Brücke am Ende derselben, so wird die Brücke durch eine Kette bewegt, an welcher ein Gegengewicht und ein Mechanismus zum Angriff einer kleinen Mehrkraft angebracht sind. Hierzu hat man eine Menge von Mitteln erdacht und gebraucht. Sie bestehen entweder in einem unveränderlichen Gegengewichte mit einer lebenden Kraft, welche mit gleicher Intensität an einem veränderlichen Hebelsarme wirkt; oder in einem Gegengewichte von veränderlicher Größe, verbunden mit einer lebenden Kraft welche an einem unveränderlichen Hebel wirkt. In einigen Fällen ist die Brücke weniger complicirt, indem man das Gegengewicht wegläßt und eine lebende Kraft von veränderlicher Intensität an einem constanten oder veränderlichen Hebelsarme wirken läßt.

Fig. 143. *)



Unter den Anordnungen der ersten Art besteht das Einfachste in dem Legen eines gezimmerten Hebels, der Wippe (Fig. 143), welcher sich um eine horizontale Achse über der Brückenklappe (plateform; tablier) bewegt. Der vordere Theil des Hebels ist mit dem vordern Ende der Brückenklappe durch zwei Ketten verbunden; der hintere Theil der Wippe dient als Gegengewicht und wird an herabhängenden Ketten durch Männer bewegt.

Erlaubt die Oertlichkeit diese Anordnung nicht, so kann die am beweglichen Ende der Brückenklappe angebrachte Kette über eine horizontale Welle oberhalb der Brückenklappe gehen, an

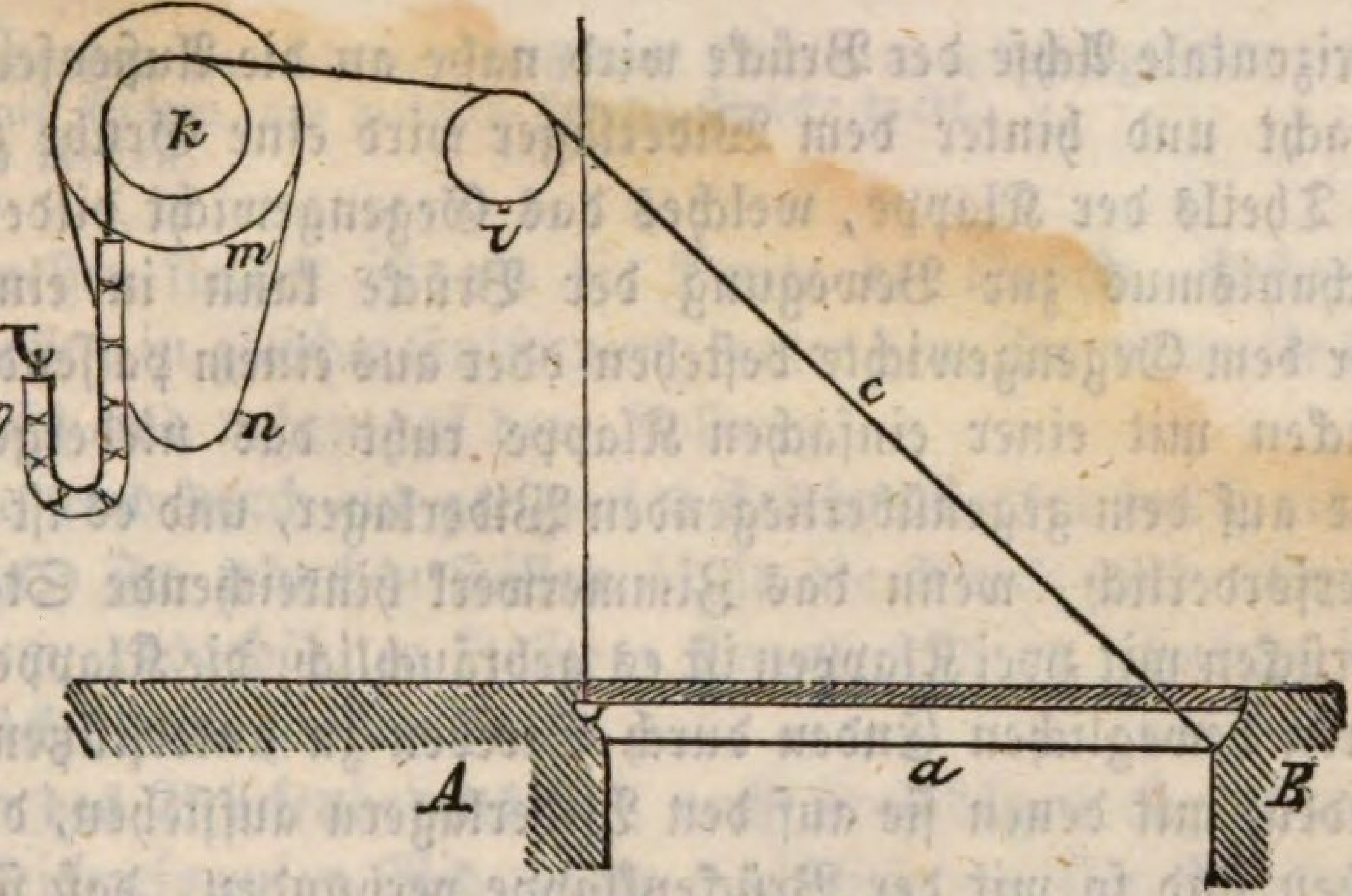
*) Fig. 143 zeigt wie eine Zugbrücke entweder durch eine Wippe oder durch ein an einer Spirale hängendes Gegengewicht bewegt werden kann.
A Widerlager.
a Querschnitt der Brückenklappe.
b die Wippe aus Holz gezimmert.
c Kette am Ende der Wippe und der Brückenklappe.

d Sprengstrebe, um ihr unteres Ende beweglich.
e Band, an jedem Ende beweglich; durch dasselbe wird die Strebe mit der Klappe zugleich gehoben.
f Spirale mit dem Gegengewicht g, das an einer Kette über die Spirale hängt.
h Kette, durch welche die Brückenklappe gehoben wird; das eine Ende dieser Kette ist an dem Ende der Brückenklappe, das andere an der Welle der Spirale befestigt.
i feste Rolle, über welche die Kette h geht.
m Rad auf der Achse der Spirale, welches an der endlosen Kette n durch Menschen bewegt wird.

welcher ein Excentrik von Spiralform angebracht ist, über welches an einer Kette das unveränderliche Gegengewicht hängt (Fig. 143). An derselben Welle ist ein gewöhnliches Rad angebracht, über welches eine endlose Kette hängt, an welcher Menschen die Brücke bewegen.

Von den Anordnungen mit veränderlichen Gegengewichten ist die von Poncelet angegebene eine der einfachsten; sie ist vielfach in Frankreich bei Festungswerken angewandt worden. Das bewegliche Ende der Brückenklappe (Fig. 144) ist an einer gewöhnlichen Kette aufgehängt, welche in einer Hohl-

Fig. 144. *)



*) Fig. 144 zeigt eine Zugbrücke mit veränderlichem Gegengewicht.
A und B die Widerlager.
g die Gegengewichtskette aus flachen Gliedern; das eine Ende ist unbeweglich aufgehängt, das andere hängt an der Kette c, welche das bewegliche Ende der Brückenklappe ergreift.
i eine feste Rolle, über welche die Kette c zu dem kleinen Rade k geht, das auf einer horizontalen Welle befestigt ist, welche durch das Rad m und die endlose Kette n gedreht wird.

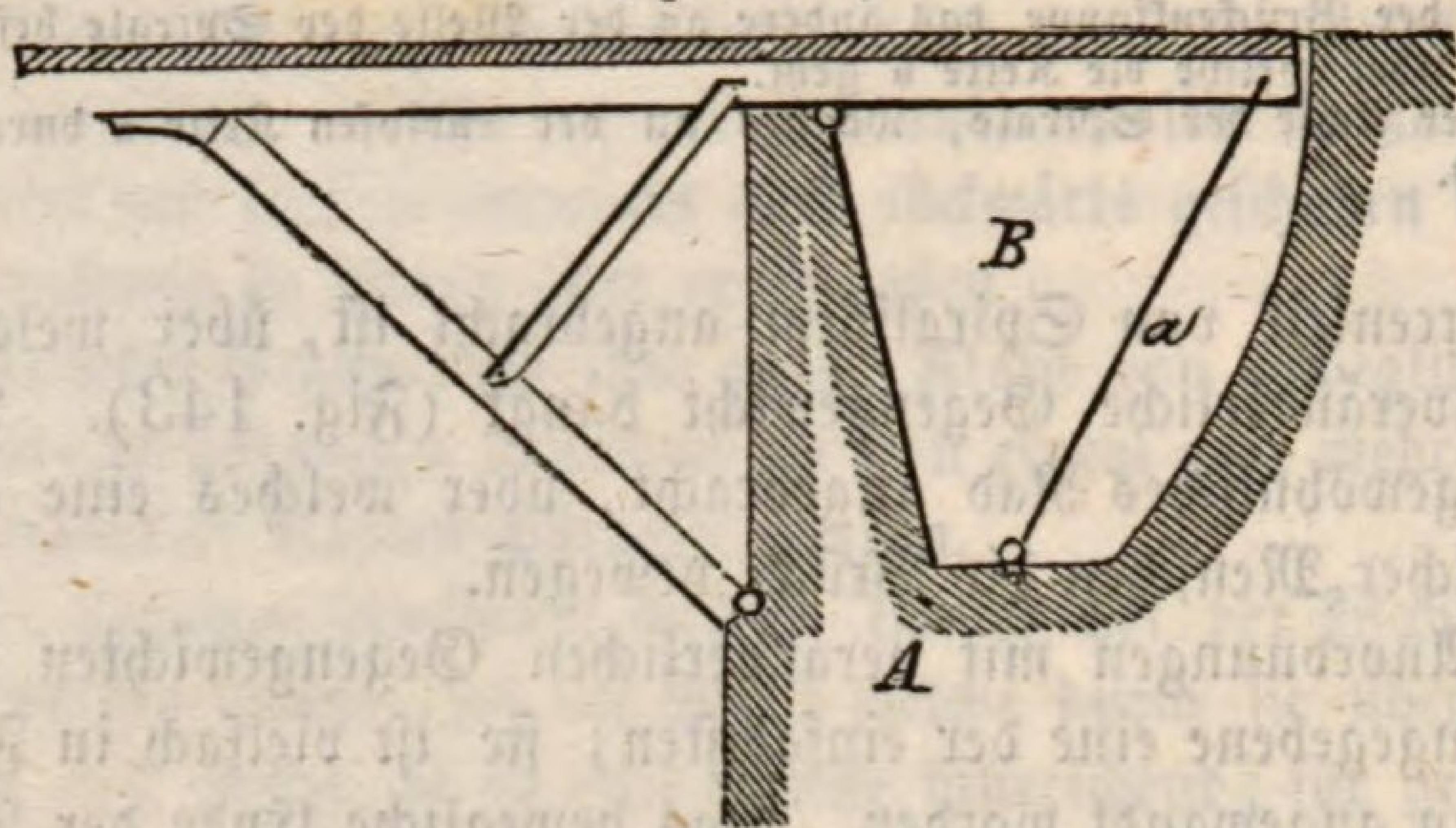
kehle über ein an einer horizontalen Achse befestigtes Rad geht. An dem andern Ende dieser Kette hängt als Gegengewicht eine andere Kette von verschiedener Breite, welche aus flachen Eisenstäben gebildet ist. Diese Gegengewichtskette ist mit dem zweiten Ende an einem unbeweglichen Punkte so aufgehängt, daß sie wenn die Brückenklappe steigt, zum Theil von diesem Punkte getragen wird, und also das Gegengewicht abnimmt wie die Brücke steigt. Die Bewegung wird dem Ganzen durch eine endlose Kette ertheilt, die über ein Rad lauft.

Für kleine Brückenklappen kann man das Gegengewicht weglassen und die Brücke durch ein Seil das über einen gewöhnlichen Haspel geht, aufziehen.

Kann man die Brücke nicht durch eine Kette aufziehen, die über einen Punkt oberhalb der Brücke geht, so wird die Brückenklappe auf zwei Dritt-

theile bis drei Fünftheile ihrer Länge rückwärts verlängert, um ein Gegengewicht für die Brückenklappe zu bilden (Fig. 145).

Fig. 145. *)



*) Fig. 145 zeigt eine Zugbrücke, bei welcher das Gegengewicht durch eine Verlängerung der Brückenklappe nach der Rückseite gebildet wird.
A Widerlager.
B Grube von passender Form zur Bewegung der Brücke.
a Kette an welcher die Brücke niedergehalten wird.

Die horizontale Achse der Brücke wird nahe an die Außenseite des Widerlagers gebracht und hinter dem Widerlager wird eine Grube zur Aufnahme des hintern Theils der Klappe, welches das Gegengewicht bildet, angebracht.

Der Mechanismus zur Bewegung der Brücke kann in einer Kette und Winde unter dem Gegengewichte bestehen oder aus einem passenden Triebwerk.

Bei Brücken mit einer einfachen Klappe ruht das niedergelassene Ende dieser Klappe auf dem gegenüberliegenden Widerlager, und es ist ein Zwischenlager nicht erforderlich, wenn das Zimmerwerk hinreichende Stärke hat; bei doppelten Brücken mit zwei Klappen ist es gebräuchlich, die Klappen (Fig. 143) nahe bei ihren beweglichen Enden durch Streben zu unterstützen, welche sich um ihre Enden, mit denen sie auf den Widerlagern aufstehen, drehen können. Diese Streben sind so mit der Brückenklappe verbunden, daß sie sich von ihr trennen, wenn diese aufgezogen wird, und beim Niederlassen von selbst in ihre Lage zurückfallen, wobei sie sich gegen einen Unterzug nahe am Ende der Klappe stützen. Bei dieser Anordnung sind die Ketten von einem Theile des Druckes entlastet und die Brücke also fester.

Ist das Gegengewicht durch die Verlängerung der Brückenklappe gebildet, so kann man der niedergelassenen Brücke mehr Sicherheit geben, wenn man zwei Ketten unter der Brückenklappe anbringt und diese in dem Boden der Grube verankert. In manchen Fällen dient hierzu ein starker eiserner Stab, der in Fugen neben der Klappe paßt und mit dieser fest verbunden ist.

Bei doppelten Klappen sollten die zusammentreffenden niedergelassenen Klappen der Brücke in der Mitte eine kleine Erhöhung geben. Dieß gibt größere Steifheit und ist der Ablösung der Klappen beim Aufziehen günstig.

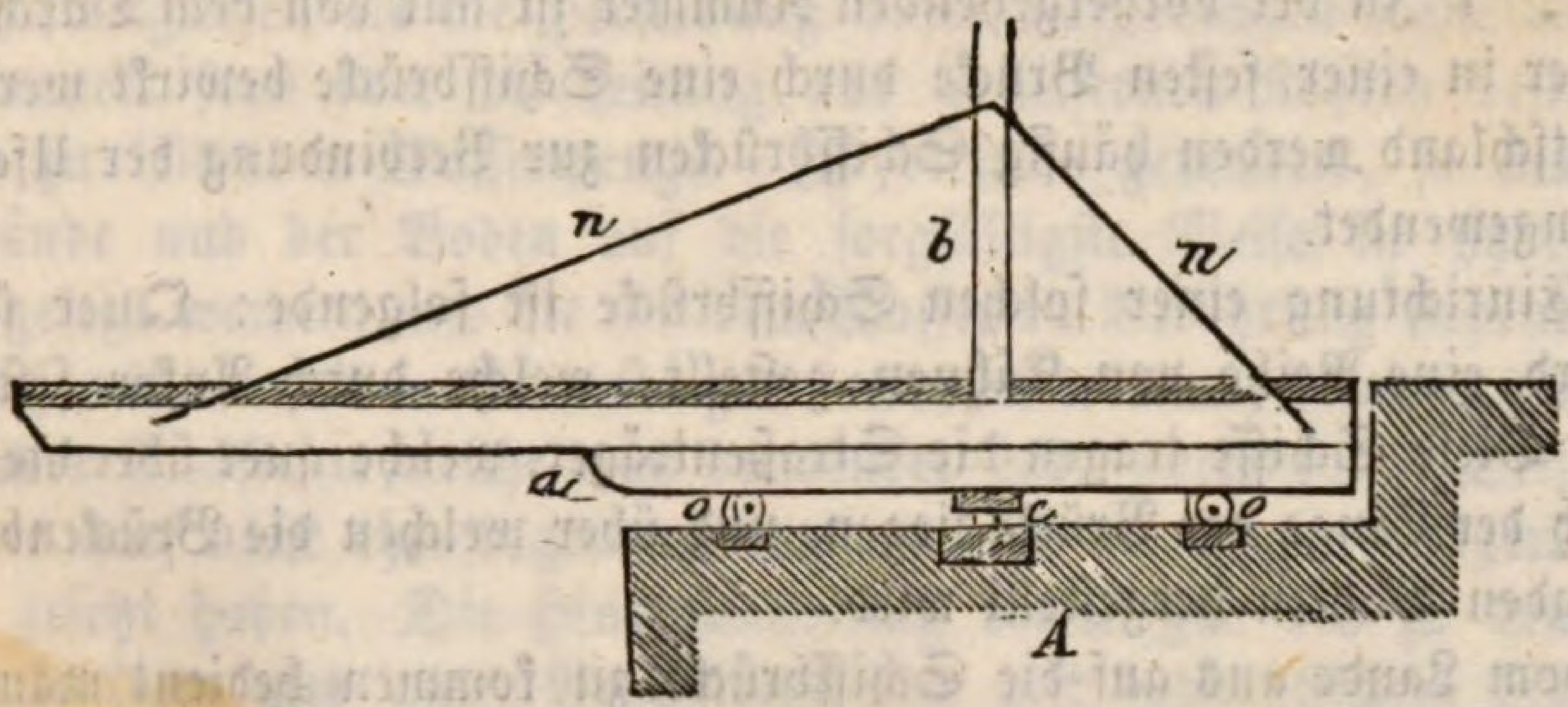
Für Zugbrücken und alle andern beweglichen Brücken muß man Barrieren an beiden Eingängen anbringen, so lange das Aufziehen oder Niederlassen dauert, um Unglücksfälle zu verhüten.

571. Drehbrücken. Diese Brücken drehen sich horizontal um eine verticale Achse oder Bolzen unter der Klappe, welcher gewöhnlich weit genug

rückwärts von dem Widerlager angebracht ist, um die Seite der Klappe nach dem Drehen mit der Außenseite des Widerlagers zusammenzubringen. Das Gewicht der Brücke muß rings um die Drehachse gleich vertheilt seyn.

Um die Brücke zu unterstützen und zu drehen (Fig. 146) wird ein kreisförmiger Rollweg von Eisen concentrisch mit der Drehachse fest eingemauert,

Fig. 146. *)



*) Fig. 146 stellt eine Drehbrücke dar.
a die Brücke.
b verticale Pfosten, an welchen die eisernen Bänder n, n befestigt sind.
c der verticale Bolzen, um welchen sich die Brücke dreht.
o, o konische Rollen.

dessen Durchmesser kleiner ist als die Breite der Brücke. Feste Rollen von conischer Form sind in gleicher Entfernung unter dem Zimmerwerke der Brückenbahn angebracht und ruhen auf dem Rollweg.

Die Brücke wird durch ein geeignetes Triebwerk oder durch eine Kette und Winde gedreht. In manchen Fällen läuft die Brücke auf eisernen Kugeln, welche in einem ausgehöhlten Rollweg liegen und in ähnliche Vertiefungen unter der Brückenbahn greifen.

Die Enden des Brückenbodens sind nach Kreisbögen abgeschnitten, welche sich an die gleichgeformten Widerlager anschließen. Der Brückenboden muß von unten durch Streben unterstützt werden, welche wie bei den Zugbrücken losgelöst und zurückgezogen werden können, wenn die Brückenbahn unterbrochen wird; oder sie können sich auch in einem Kugelgelenk am untern Ende mit der Brücke drehen. Zu mehrerer Stärke werden zuweilen auch noch über der Brücke eiserne Bänder angebracht, welche die Brückenbahn von Pfosten, die zu beiden Seiten des Drehbolzens angebracht sind, stützen.

Drehbrücken kann man von Holz oder Gußeisen herstellen; das letzte Material ist passender, da es eine genauere Arbeit zuläßt und sich nicht wirft und nicht schwindet wie Holz.

572. Rollbrücken. Diese Brücken können über feste Rollen vorwärts und rückwärts geschoben werden, um die Verbindung über das Wasser zu unterbrechen oder wiederherzustellen. Der Theil der Brücke, welcher auf den Rollen ruht, wenn die Passage gehemmt ist, muß zu dem andern ein Gegengewicht bilden. Der Mechanismus, durch den die Brücke bewegt wird, ist gewöhnlich ein Triebwerk, das von einer oder mehreren Personen, die auf der Brücke stehen, in Gang gesetzt wird. Statt der festen Rollen können auch eiserne Kugeln gebraucht werden.

573. Schiffbrücken. Eine bewegliche Schiffbrücke dieser Art kann dadurch erhalten werden, daß man einen Brückenboden auf ein Boot oder irgend einen andern wasserdichten Kasten von passender Form bringt.

Eine Brücke dieser Art kann nicht bequem in Flüssen, welche der Fluth ausgesetzt sind, angewendet werden; bei Kanälen in Lagen wo eine feste Brücke nicht angebracht werden kann, sind sie vortheilhafter.

574. *) In der vorhergehenden Nummer ist nur von dem Durchlasse die Rede, der in einer festen Brücke durch eine Schiffbrücke bewirkt werden soll. In Deutschland werden häufig Schiffbrücken zur Verbindung der Ufer zweier Flüsse angewendet.

Die Einrichtung einer solchen Schiffbrücke ist folgende: Quer über den Fluß wird eine Reihe von Kähnen gestellt, welche durch Anker festgehalten werden. Diese Schiffe tragen die Straßenträger, welche quer über die Schiffe, also nach der Länge der Brücke liegen, und über welchen die Brückenbahn aus freiliegenden Bohlen hergestellt wird.

Um vom Lande aus auf die Schiffbrücke zu kommen bedient man sich bei flachen Ufern und schiefer Auffahrt nur eines mit Bohlen belegten Floßes, das bei steigendem Wasser etwas verlängert wird.

Bei steilerem Ufer bedarf man einer Landfeste und einer Landbrücke, welch letztere den Uebergang von der Landfeste zu der Schiffbrücke vermittelt. Die Landbrücke ruht auf der unbeweglichen Landfeste und andererseits auf dem ersten Schiffe, welches sich mit dem Wasserstande senkt und hebt. Wird die Landbrücke zu lang um die Straßenträger frei liegen zu lassen, so müssen diese durch ein oder mehrere Joche unterstützt werden, bei welchen die Straßenträger durch untergelegte Klötze mehr oder weniger in die Höhe gehoben werden können.

Damit die Brücke nicht durch Windströmungen stromaufwärts getrieben werden kann, ist gewöhnlich je das zweite Schiff auch durch einen Anker stromabwärts gehalten.

Um Schiffen welche die Stelle passiren wollen, den Durchgang zu gestatten, ist in der Schiffbrücke eine Verbindung von zwei Schiffen sammt der darauf liegenden Brückenbahn so verankert, daß diese M a s c h i n e an dem Ankertau stromabwärts gelassen werden kann, wo sie auf die Seite gedreht den Durchlaß herstellt. Durch einen Hornhaspel wird das Ankertau der Durchlaßmaschine später wieder aufgewunden, und so diese an ihre Stelle zurückgeführt.

Im Winter muß, wo ein Eisgang zu befürchten ist, die Brücke abgeführt und an einen sichern Ort, in einen Hafen gebracht werden. Diese oft lange dauernde Unterbrechung der Passage, die kostspielige Unterhaltung und Besorgung der Schiffbrücke, das Lästige derselben für die Flußschifffahrt wird die Schiffbrücken immer mehr und mehr stehenden Brücken weichen lassen.

*) Zusatz des Bearbeiters.

Wasserleitungs-Brücken.

575. Bei Wasserleitungen von Mauerung, die zur Speisung der Behälter für die Bedürfnisse einer Stadt oder zu irgend einem andern Zwecke dienen, ist die Wassermenge in der Regel gering, und der Bau hat keine andern Schwierigkeiten als die Herstellung eines wasserdichten Kanals. Dieser kann gemauert seyn oder die Leitung aus gußeisernen Röhren bestehen, je nach der zu leitenden Wassermenge. Ist dieselbe gemauert, so müssen die Seitenwände und der Boden auf die sorgfältigste Weise in hydraulisches Cement gelegt werden, und die mit dem Wasser in Berührung stehende Oberfläche muß mit demselben Cemente gut beworfen werden, besonders wenn die Steine oder Backsteine welche man verwendet hat, porös sind. Dieser Theil des Baues darf nicht eher begonnen werden, bis die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben. Die Hintermauerung der Bogen bis zu dem Boden des Kanals kann aus guter Bruchsteinmauer mit hydraulischem Mörtel und aus gut aufgestoßenem Beton bestehen, oder man kann wie bei gewöhnlichen Brücken innere Mauern die Kanalmauer tragen lassen.

576. Ist die Wassermenge bedeutend, wie bei Aquaductbrücken für die Schifffahrt, und wo der Bau von Pferden überschritten wird, so muß jede Maaßregel ergriffen werden, um die größtmögliche Solidität zu erhalten und Unglücksfälle abzuhalten.

Segmentbogen von mittlerer Spannweite wird man im Allgemeinen für diese Bauten am zweckmäßigsten finden. Der Querschnitt des Wasserwegs ist in der Regel ein Trapez; die Bodenlinie liegt horizontal, die Seitenflächen haben einen kleinen Anzug; seine Dimensionen sind gewöhnlich so bestimmt, daß nur ein Boot auf einmal durchgehen kann. Auf einer Seite des Wasserwegs ist eine Pferdbahn, Leinpfad (tow path, chemin de halage), und auf der andern ein schmaler Fußpfad angebracht. Die Wasserstraße muß mit harten und gut verbundenen Hausteinen eingefaßt seyn, um sie gegen Schaden durch die Stöße der Boote zu schützen. Der Raum zwischen den Außenseiten der Wasserstraße und den Stirnmauern, der Körper (trunk), wird mit festem Material, Bruchsteinmauer oder Beton ausgefüllt. Eine gewöhnliche Brustwehr schützt den Leinpfad und den Fußweg.

Die Verbindung des Kanals mit der Aquaductbrücke geschieht durch allmählige Erweiterung der Kanalwände zwischen den Flügelmauern, welche hierzu gewöhnlich eine gekrümmte Oberfläche erhalten, und durch Verkleinerung der Wasserstraße, bis sich der Kanal und der Aquaduct aneinander anschließen. Große Sorge muß natürlich hier der wasserdichten Verbindung getragen werden.

577. Werden die Kanalwände aus Gußeisen oder Holz hergestellt, so sollten die Widerlager und Pfeiler von Stein erbaut werden. Der aus Gußeisen erbaute Körper besteht aus Platten mit Flanschen zur Verbindung, und bei Holz aus einer oder zwei Lagen Bohlen, welche von außen durch ein Zimmerwerk zusammengehalten werden; derselbe wird durch ein Zimmerwerk von Gußeisen oder Holz getragen, oder an Ketten oder Drahtseile aufgehängt.

Der Leinpfad kann in die Wasserstraße gelegt, oder was das gewöhnliche

ist, außerhalb desselben angebracht werden. Er besteht gewöhnlich aus einem einfachen Bohlenboden auf Querschwellen, welche durch ein passendes Zimmerwerk getragen werden.

578. Die folgenden kurzen Beschreibungen einiger Wasserleitungsbrücken in Europa und in den Vereinigten Staaten sind authentischen Quellen entnommen.

Chirk-Aquaductbrücke über den Ceriog. Dieser Bau, von Telford ausgeführt, besteht aus 10 steinernen Halbkreisbogen, jeder von 12,2 Meter Spannweite. Die Wasserstraße ist nur 3,4 Meter weit und 1,5 Meter tief. Der Leinpfad ist 1,8 Meter breit.

Die Pfeiler, welche an einigen Orten über 30 Meter Höhe haben, sind in einiger Entfernung unter dem obern Ende hohl; die Außenseiten sind mit Quermauern verbunden, auf welchen der Boden des Kanals aus breiten Eisenplatten mit Flanschen und die Mauerung der Seiten ruht.

Pont-y-Cysţile-Aquaductbrücke über den Dee. Auch diese ist eines der früheren Werke von Telford. Die Kanalwände sind aus gußeisernen Platten mit Flanschen zusammengesetzt. Diese ruhen auf steinernen Pfeilern und einer gußeisernen Brücke aus vier undurchbrochenen Rippen. Die Spannweite der Rippen ist 13,7 Meter, der Pfeil 2,3 Meter.

Die Breite der Wasserstraße ist 3,6 Meter. Der Leinpfad ist 1,4 Meter breit und liegt in der Wasserstraße auf gußeisernen Pfosten.

Die Aquaductbrücken zu Guetin über die Allier und zu Digoin über die Loire gehören zu den neueren Constructionen dieser Art in Frankreich. Sie sind beide nach demselben Plane erbaut, mit gemischter Mauerung. Die erste hat 18 Bogen, die zweite 11. Die Spannweite jedes Bogens ist 16 Meter und die Pfeilhöhe 7 Meter. Die Pfeiler sind 3 Meter dick an den Kämpfern. Die Breite des Aquaducts zwischen den Stirnen ist 9,5 Meter und die der Wasserstraße 4,9 Meter.

Rochester-Kanal-Aquaductbrücke. Dieß ist die neueste und größte Aquaductbrücke, welche in den Vereinigten Staaten ganz von Stein erbaut wurde. Sie besteht aus sieben Bogen. Die Wasserstraße ist breit genug für den Durchgang von zwei Booten zugleich, und ist zur Fortsetzung des Erie-Kanals angelegt. Die Spannweite jedes Bogens ist 15,8 Meter; die Pfeilhöhe 3 Meter. Der Schlußstein ist 67 Centimeter hoch und liegt mit der obern Fläche in einer Ebene mit dem Boden des Kanalkörpers. Die Pfeiler sind am Kämpfer 3 Meter dick. Die Wasserstraße ist 0,9 Meter tief, die Seitenmauer derselben hat $^1/_6$ Böschung. Die Tiefe des Wassers ist 2,1 Meter und die Breite der Wasserstraße 13,7 Meter. Die Seiten des Kanals, auf welchen die Leinpfade sind, haben 3,4 Meter Breite, wobei der Vorsprung der Bedeckung mitgerechnet ist. Die Kanalwände sind an jedem Ende in krummer Linie bis zu der Kanalbreite von 16,8 Meter erweitert.

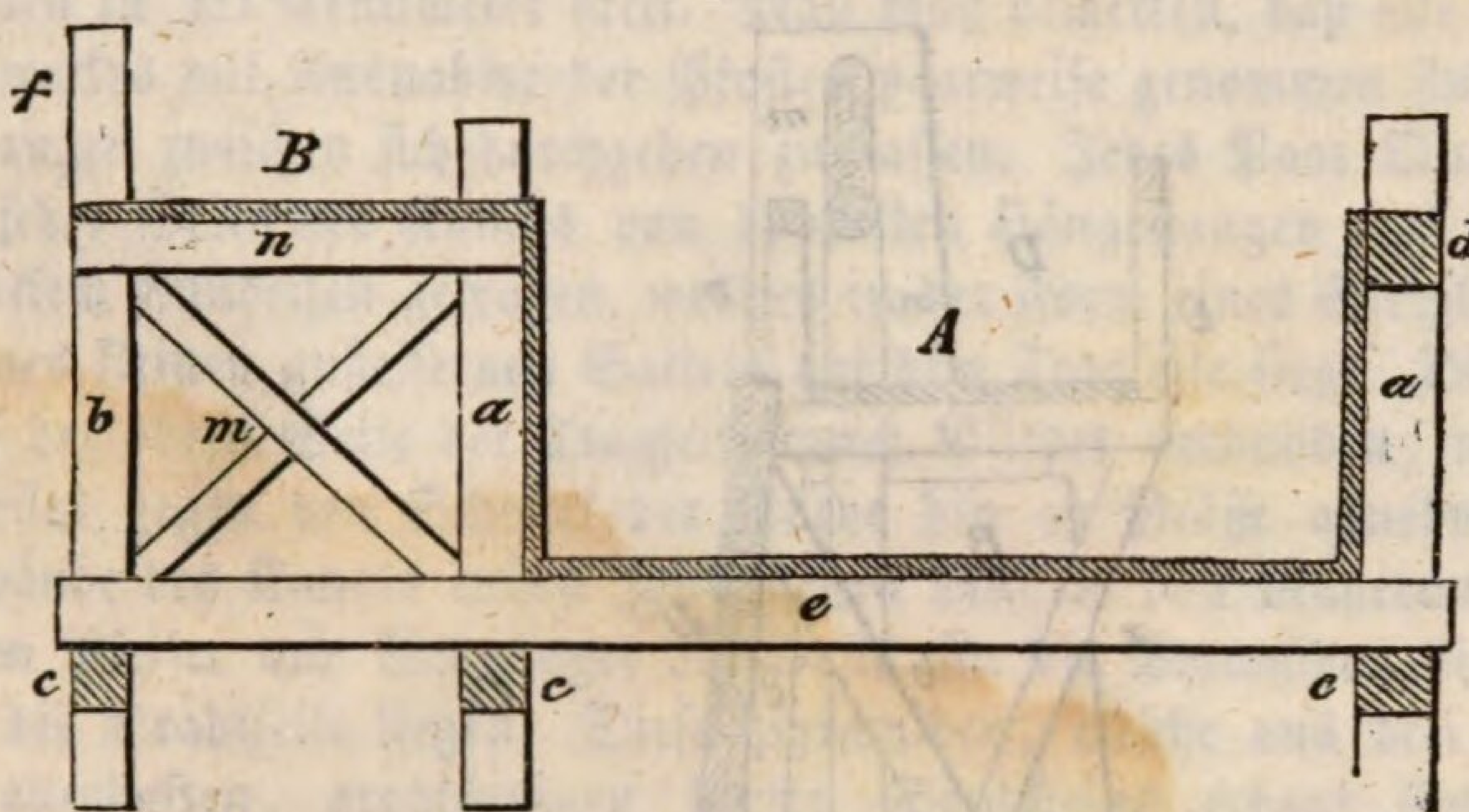
Dieser Bau ist durchaus stark und vorzüglich ausgeführt, aus schweren Blöcken von grauem Kalkstein, die in hydraulischen Mörtel gelegt sind.

Potomac-Aquaductbrücke. Dieser Bau sollte ursprünglich durchaus von Stein erbaut werden und zwölf ovale Bogen, jeder von eilf Mittelpunkten erhalten, die Spannweite von jedem 30,5 Meter bei 7,6 Meter Pfeilhöhe.

Jeder dritte Pfeiler sollte ein Widerlagspfeiler werden, 6,4 Meter dick am Kämpfer, während die andern Pfeiler nur 3,7 Meter dick sind. Die Pfeiler wurden nach diesem Plane aufgebaut, aber für die steinernen Bogen wurde ein Oberbau von Holz gewählt, der aus dem Kanal, dem Leinpfade und einem Zimmerwerke zu beider Unterstützung besteht.

Die Kanalwände bestehen aus zwei parallelen offen gebauten Balken (Fig. 147), die am Boden durch Querschwellen und horizontale diagonale Streben verbunden, und innen mit einer Bohlenwand zur Bildung der Wasserstraße ausgekleidet sind.

Fig. 147.



*) Fig. 147 ist ein Querschnitt durch den Körper des Kanals und den Leinpfad der Potomac-Aquaduct-Brücke.
A die Wasserstraße.
B der Leinpfad.
a, a Pfosten der offen gebauten Balken in den Wänden des Kanals.
b Pfosten des offen gebauten Balkens des Leinpfades.
c untere Langschwellen der gebauten Balken.
d obere Langschwellen.
e Querschwellen, auf welchen der Bohlenboden des Kanals ruht.
n Querschwellen des Leinpfades.
m diagonale Streben in verticaler Ebene, zwischen den Querschwellen.
f Brustwehr.

Jeder der offen gebauten Balken besteht aus einer Kopf- und einer Bodenschwelle, verbunden durch Pfosten, welche über beide Schwellen vorspringen, und aus diagonalen Streben zwischen jedem Paar Pfosten.

Der Leinpfad ist außen an dem Kanalkörper angebracht und besteht aus einem Boden auf Querschwellen, die zwischen einen der gebauten Balken und einen dritten mit jenen parellelen gelegt sind. Dieser letzte Balken ist aus schwächerem Holze gebaut. Er ist bei jeder vierten Querschwelle des Kanals mit dem Balken des Kanals durch Querschwelle und diagonale Streben verbunden.

Die Pfosten des äußeren Balkens des Leinpfades steigen hoch genug hinauf, um eine Brustwehr zu bilden.

Der Kanal und der Leinpfad werden von unten durch geneigte Streben getragen, welche sich an die Außenseite der Pfeiler oberhalb des Hochwassers stützen.

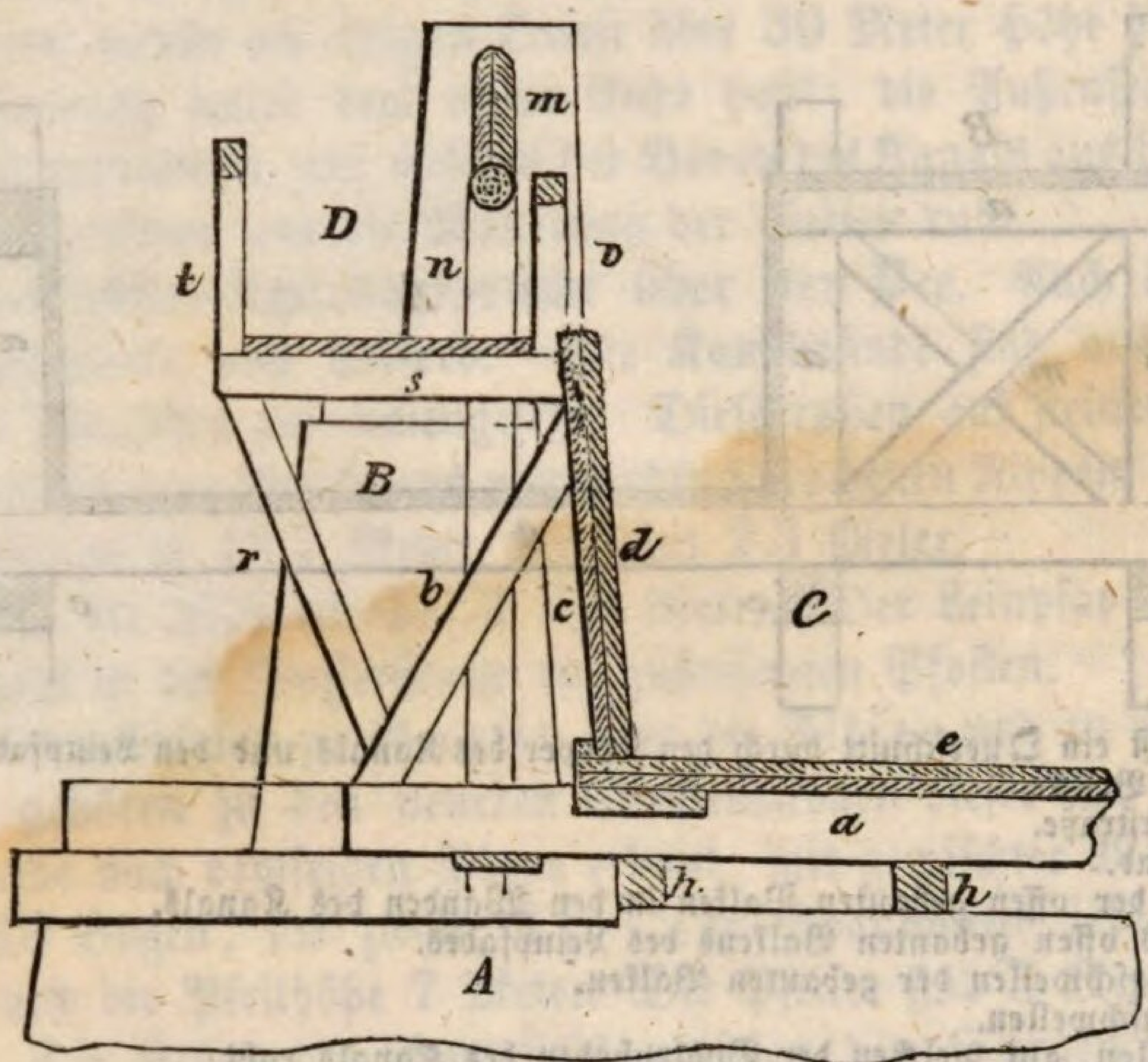
Der Querschnitt des Kanals ist ein Rechteck. Die innere Weite ist 5,2 Meter; die Höhe der Bohlenwände ist innen 2,5 Meter und die Tiefe des Wassers 1,3 Meter.

Der Leinpfad ist zwischen den Pfosten 1,8 Meter weit und liegt mit dem obern Rande der Bohlenwand in einer Ebene. Die äußere Brustwehr steigt über diese Ebene 1,2 Meter hinauf, die innere 0,6 Meter; diese ist durch ein Deckholz über die Pfosten gebildet.

Dieses Zimmerwerk ist einfach und gut angeordnet, und hat die erforderliche Stärke und Steifheit.

Draht-Aquaductbrücke über den **Alleghany** bei **Pittsburgh**. Dieser neue Bau (Fig. 148) ist von Strebling entworfen und ausgeführt, welcher folgende Beschreibung gegeben hat.

Fig. 148. *)



*) Fig. 148 stellt den Aufriß eines Theils der steinernen Unterlagen und einen Querschnitt des Kanals der Aquaductbrücke über den Alleghany dar.
A Pfeiler.
B steinerne Träger auf den Pfeilern für die Drahtseile.
C das Innere des Kanals.
a Querschwellen, die an den Drahtseilen **m** durch die Hängestangen **n** hängen; auf ihnen ruht der Boden **e** des Kanals.
b geneigte Streben, die paarweise mit den Pfosten **c** zur Stütze der Seitenwände **d** angebracht sind.
D Leinpfad.
s dazu gehörige Querschwelle.
r geneigte Träger dieser Querschwellen.
t und **v** das Geländer.
h Mauerlatten, auf welchen die Querschwellen **a** ruhen.

Diese Brücke hat sieben Oeffnungen von 48,8 Meter Weite jede, von Mitte der Pfeiler zu Mitte gemessen. Der Kanalkörper ist von Holz und 347 Meter lang, 4,3 Meter breit am Boden und 5 Meter oben; die Seitenwände sind 2,6 Meter hoch. Diese wie der Boden sind aus zwei Lagen von 6 Centimeter dicken Bohlen der Weymuthskiefer gebildet, welche diagonal übereinander gelegt sind, so daß sie sich unter rechten Winkeln kreuzen, wodurch sie ein Gitterwerk bilden, das große Festigkeit und Steifheit darbietet, hinreichend nicht nur um sein eigenes Gewicht zu tragen, sondern auch dem heftigsten Sturme zu widerstehen.

Der Boden des Kanals ruht auf Querschwellen, die paarweise in 1,2 Meter Entfernung aufgestellt sind; zwischen diesen sind die Pfosten mit Schwalbenschwanz-Zapfen eingelegt und durch Bolzen befestigt. Die äußeren Pfosten, welche den Leinpfad und Fußweg tragen, neigen sich auswärts und sind in gleicher Weise mit den Querschwellen verbunden. Jeder Pfosten der Kanalwand ist durch zwei Streben von 6 auf 25 Centimeter gehalten, und mit den äußeren Pfosten durch eine doppelte Schwelle von gleichen Querschnitten verbunden. Die Pfosten des Kanals haben oben 18 Centimeter im Quadrat und am Fuß 18 auf 36 Centimeter. Die Querschwellen sind 8,2 Meter lang, 40 Centimeter hoch und 15 breit; der Raum zwischen zwei zusammengehörenden ist 10 Centimeter breit. Man muß bemerken, daß alle Theile des Zimmerwerkes mit Ausnahme der Pfosten paarweise genommen sind, um die Hängestangen zwischen sich durchgehen zu lassen. Jedes Paar Querschwellen ist auf jeder Seite des Kanals von doppelten Hängestangen aus 29 Millimeter dickem Rundeisen getragen, welches in der Form eines Steigbügels mit Hilfe eines kleinen gußeisernen Sattels auf dem Tragseile liegt. Diese Sättel sind auf der obern Seite der Tragseile durch Glieder verbunden, welche von dem Pfeiler gegen den Scheitel der Curve hin an Größe abnehmen. Die Seitenwände des Kanals ruhen solid gegen Massen von Mauerung, welche auf jedem Pfeiler und Widerlager als Basis für die Pyramiden dienen, auf welchen die Drahtseile liegen. Diese Pyramiden, welche aus drei Schichten eines dauerhaften, grobkörnigen harten Sandsteins erbaut sind, steigen 1,5 Meter über die Ebene des Leinpfades hinauf, und messen 0,9 auf 1,5 Meter oben und 1,2 auf 2 Meter unten. Der Seitenweg und Leinpfad ist 2,1 Meter breit und läßt 0,9 Meter Durchgang außen an den Pyramiden. Die größere Weite des Lein- und Fußpfades ist somit an jedem Pfeiler zusammengezogen; allein diese Anordnung bringt keinen Nachtheil und war wegen des Aufhängens der Tragseile zunächst beim Kanal nothwendig. Da der Aufsatz welcher die Sättel und Tragseile auf den Pyramiden bedeckt, 0,9 Meter über das Geländer des Kanals heraufragt, so würde hierdurch die Zuglinie unterbrochen. Dieß ist dadurch umgangen, daß man auf jeder Seite von dem Gipfel der Pyramide ein schwach geneigtes Rundeisen bis auf das Geländer herabgehen läßt, welches die Zugleine über die Pyramide hinüberführt. Die Drahtseile, welche die Hauptstütze des ganzen Baues sind, hängen zunächst an dem Kanal, eines auf jeder Seite. Jedes dieser beiden Seile ist 178 Millimeter dick, durchaus compact und fest und in einem Stücke von einem Ufer bis zum andern gehend, 358 Meter lang; es ist aus 1900 Drähten von 3,2 Millimeter Durchmesser zusammengesetzt, welche parallel nebeneinander liegen, und mit großer Sorgfalt alle gleiche Spannung erhalten haben. Der Oxydation ist durch einen jedem einzelnen Draht gegebenen Firnißanstrich vorgebeugt. Das Seil ist mit einem ausgeglühten Draht durch eine Maschinerie möglichst vollkommen umwickelt.

Die Enden der Drahtseile gehen außerhalb des Aquaductes nicht bis unter den Boden fort, sondern sind mit Ankerketten verbunden, welche in einer Curve durch große Massen von Mauerung laufen, wobei das letzte Glied eine verticale Lage hat. Die Barren dieser Ketten messen im Querschnitt 38 auf 102 Millimeter

und sind 1,2 bis 3,6 Meter lang; sie sind aus Abschnitten von Kesselblech zusammengeschweißt und aus einem Stücke geschmiedet. Die äußersten Glieder sind mit schweren quadratischen gußeisernen Platten von 1,8 Meter Seite verankert, welche durch die Gründung abwärts gehalten werden, auf welcher das Gewicht von 700 Ruthen Mauerung ruht. Die Stabilität dieses Theils des Baus ist vollkommen hergestellt, da der Widerstand der Verankerung zweimal so groß ist als der größte Zug, dem die Ketten jemals ausgesetzt seyn können.

Der hier angenommene Plan der Verankerung ist wesentlich von den bei Hängebrücken gewöhnlich angenommenen verschieden, wo die Ketten unter dem Boden in einem offenen Kanal liegen. Hier sind die Ketten unter dem Boden in Cement gelegt und ganz damit umgeben. Bei dem Mauerwerke ist dieses Material und gewöhnlicher Kalk in großer Menge verwendet. Die Barren sind mit Mennige angestrichen; ihr Schutz ist noch vergewissert durch die rostabhaltende Eigenschaft der kalkigen Cemente. Sollte Wasser den Weg zu den Ketten finden, so wird es mit Kalk gesättigt, und gibt dem Eisen eine neue Kalkbekleidung. Dieser Theil des Baus ist mit solcher Sorgfalt ausgeführt, daß es unnöthig ist die Ueberwachung der Brücke auch auf ihn auszudehnen. Werden die Drahtseile alle zwei oder drei Jahre neu angestrichen, so können sie von langer Dauer seyn.

Wo die Seile auf den Sattelstücken liegen, ist ihr Querschnitt an zwei Punkten vergrößert, indem durch kurze Drähte Bäuche gebildet sind, welche in Vertiefungen in den Gußstücken passen. Zwischen diesen Bäuchen ist das Seil durch drei starke eiserne Keile fest niedergehalten, wobei die Keile durch Oeffnungen in den Seiten der Sattelstücke getrieben sind. Während des Aufschlagens des Zimmerwerkes wurden die verschiedenen Bogen oft sehr ungleichen und verschiedenen Belastungen ausgesetzt, welche das Gleichgewicht niemals störten und die Richtigkeit der Berechnungen zeigten.

Das Holzwerk kann in jedem Bogen weggenommen und durch neues ersetzt werden, ohne daß das Gleichgewicht des nächsten gestört wird.

Die ursprüngliche Idee, welche erreicht werden sollte, war, einen hölzernen Kanal herzustellen, welcher stark genug war um sein eigenes Gewicht zu tragen und den Kanal zu steifen und diesen mit Drahtseilen zu verbinden, welche das große Wassergewicht tragen sollten.

Die Größenverhältnisse dieses Aquaductes enthält folgende Tafel:

Länge des Aquaducts	347	Meter.
Länge der Drahtseile	358	"
Länge der Drahtseile und Ketten . . .	391	"
Durchmesser der Seile	178	Millimeter.
Gewicht beider Seile zusammen . . .	103000	Kilogramm.
Querschnitt des Wassers bei 1,2 Meter Tiefe .	5,5	Quadratmeter.
Ganzes Gewicht des Wassers in dem Aquaduct	2100000	Kilogramm.
Dasselbe in einer Spannöffnung . . .	300000	"
Gewicht von einem Bogen der Brücke mit dem Wasser	430000	"
Zahl der Drähte in beiden Seilen . . .	3800	"
Querschnitt beider Seile zusammen . .	342	Quad.Centimtr.
Querschnitt beider Ankerketten zusammen . .	464	"

Biegung der Drahtseile	4,42	Meter.
Höhe vom Gipfel der Pyramiden bis auf die Pfeiler	5,02	"
Gewicht des Wassers in einer Bogenöffnung .	280000	Kilogramm.
Spannung der Seile durch dieses Gewicht .	398000	"
Spannung eines einzelnen Drahtes . . .	39,4	"
Absolute Festigkeit eines Drahtes im Mittel .	499	"
Spannung, welche von dem Gewichte des Wassers auf einen festen Quadratcentimeter der Drahtseile kommt	1040	"
Spannung, welche vom Gewichte des Wassers auf einen Quadratcentimeter der Ankerketten kommt	770	"
Druck des Wassers auf eine Pyramide . .	140000	"
Druck des Wassers auf einen Quadratcentimeter des Querschnitts der Pyramide . . .	775	"

Straßen.

579. Bei der Feststellung einer Verbindungslinie, sey diese eine gewöhnliche Straße, eine Eisenbahn oder ein Kanal, hat der Ingenieur hauptsächlich sein Augenmerk auf folgende Punkte zu richten: 1) die wahrscheinliche Art und Größe des Verkehrs auf dieser Linie; 2) die Anforderungen der Bewohner der Nachbarschaft dieser Linie; 3) die natürliche Beschaffenheit der Gegend zwischen den beiden Endpunkten der Linie, so weit diese die Verbindungslinie betrifft.

Der letzte Punkt gehört allein in die Grenzen dieses Buchs und soll also allein betrachtet werden.

580. Ein sorgfältiger Augenschein und Untersuchung der Gegend muß einer genauen Prüfung durch Instrumente vorangehen, um Zeitverluste zu vermeiden, da bei dieser schnelleren Operation durch einen erfahrenen Mann ein für die Linie unpassendes Terrain eben so sicher ausgeschlossen wird, als dieß durch den langsameren Gebrauch der Instrumente geschehen wird. Zuvor sucht man jedoch auf den vorhandenen Karten sich zu instruiren; wobei besonders die Richtung der Wasserstraßen ihm die passenden und unpassenden Stellen angeben und die Richtung der Straße bezeichnen wird. Dieß wird deutlich, wenn man beachtet, daß 1) die Wasserstraßen nothwendig die niedersten Punkte ihrer Thäler sind, und daß also ihre Richtungen für ihre Thäler die Linien des größten Falls angeben; 2) daß aus der Lage der Wasserstraßen auch die Lage der Wasserscheiden, welche sie trennen, sich ergeben, welche zugleich die Linien des größten Falls sind, die beiden Abhängen gemeinschaftlich sind.

Faßt man diese Thatsachen in's Auge, so sieht man die Möglichkeit ein, auf einer sorgfältigen Karte nicht nur die Richtung der Bergrücken mit ziemlicher Genauigkeit zu zeichnen, sondern auch solche Einsenkungen derselben aufzufinden, welche einer Verbindung zweier Thäler günstig sind. Die folgenden Beispiele werden dieß klarer machen.

Wenn z. B. auf einem Theile der Karte die Wasserstraßen von einem Punkte aus divergiren oder gegen diesen zusammenlaufen, so muß im ersten Falle dieser Punkt der höchste seyn, im zweiten Falle der tiefste.

Gehen zwei Wasserstraßen von einem Punkte nach entgegengesetzten Richtungen fort, so wird dieser Punkt eine Einsenkung, ein Sattel in dem Rücken seyn, welcher beide Thäler trennt, und dieser Punkt wird die natürliche Verbindung beider Thäler geben.

Laufen zwei Wasserstraßen parallel und nach gleicher Richtung, so hat auch der Bergrücken zwischen beiden die Neigung in derselben Richtung wie die Wasserstraßen. Die Wasserscheide kann übrigens abwechselnd steigen und fallen, was durch die Seitenthäler der beiden Hauptthäler angezeigt wird; wo sich zwei solche treffen, dort ist der niederste Uebergangspunkt über diese Wasserscheide zu suchen.

Fließen zwei Wasser parallel miteinander nach einer Richtung und divergiren von einem Punkte an, so ist dort der niederste Punkt der Wasserscheide zwischen beiden.

Sind zwei Wasserstraßen parallel, fließt das Wasser aber in entgegengesetzter Richtung, so sind die niedersten Punkte der Wasserscheide durch die Nebenthäler oder durch das nahe Zusammentreten der beiden Hauptthäler angedeutet.

Ausgerüstet mit diesen aus den Karten genommenen Angaben muß der Ingenieur das Terrain selbst begehen und genau untersuchen, und zwar vom einen Punkte zum andern und wieder zurück, weil ohne dieses doppelte Begehen leicht etwas Wichtiges übersehen werden kann.

581. Pläne. Nachdem durch die Recognoscirung die Straßenrichtung aufgefunden ist, wird eine genaue Karte dieses Zugs mit einem Längen- und Querprofilen aufgenommen, und wenn mehrere Züge im Vorschlage sind von allen, um dadurch in den Stand gesetzt zu werden, diese nach ihrer Zweckmäßigkeit und ihren Kosten genau zu vergleichen. Da der Aufwand an Zeit und Kosten für diese Pläne in der Regel in gar keinen Betracht kommen kann gegen den Aufwand den die Erbauung der Straße selbst erfordert, so muß man keine Mühe sparen, jede möglicher Weise brauchbare Linie zu untersuchen, und diese Untersuchung so genau und so vollständig als möglich anzustellen.

582. Diesen Plänen wird eine Beschreibung beigefügt, welche alles über das Terrain Wissenswürdige enthält, das nicht unmittelbar aus der Karte entnommen werden kann, wie namentlich die Beschreibung des Bodens, der Wasserläufe und dergl.

583. Gewöhnliche Straßenlinie. Bei Aufsuchung einer Linie für eine gewöhnliche Straße ist der Ingenieur weniger durch die Natur des gebräuchlichen Fuhrwerkes beschränkt als bei jeder andern Communicationslinie. Die Hauptpunkte, auf welche er zu achten hat, sind: 1) die beiden zu verbindenden Punkte durch die kürzeste Linie zusammenzubringen; 2) unnöthige Steigungen

und Abfälle der Straße zu vermeiden oder in andern Worten die Erhebungen und Senkungen auf die kleinste nothwendige Grenze zu beschränken; 3) für die Straßenlinie nur solche Gefälle anzuwenden, als das zu gebrauchende Transportmittel zuläßt; 4) der Straßenlinie eine solche Lage zu geben, daß die Kosten der Construction für die Abgrabungen und Dämme, wie für Brücken und andere Nebendinge möglichst klein werden.

584. Die kürzeste Verbindung der beiden Endpunkte der Straßenlinie ist die gerade Linie; daß man bei der Feststellung der Straßenrichtung oft von dieser abgehen muß, um passende Gefälle und kleinere Kosten zu erhalten, versteht sich von selbst; dieß findet beinahe immer beim Ueberschreiten eines Bergrückens statt.

Durchschneidet diese gerade Linie einen Sumpf oder einen Fluß, so kann es weniger kostspielig gefunden werden, die Richtung zu ändern und den Sumpf zu umgehen oder den Fluß an einer Stelle zu überschreiten, wo die Construction der Brücke oder der Auffahrten zu ihr besser geschehen kann als an dem ersten Punkte.

Ebenso kann es vortheilhaft seyn, die gerade Linie zu verlassen, um ein Seitenthal zu umgehen, um einen besseren Grund für die Fahrbahn zu erhalten, die Straße mehr der Sonne und dem Winde auszusetzen, oder besseres Straßenmaterial zu erhalten.

Bei sorgfältiger Vergleichung der so zu erhaltenden Vortheile wird der Ingenieur in den Stand gesetzt, zu entscheiden wie weit er sich ihrer wegen von der geraden Linie entfernen darf. Wählt er eine mehr gekrümmte Linie, so wird oft die Länge des Straßenzugs nicht bedeutend vermehrt, während die Kosten des Baus wesentlich vermindert werden und man vortheilhaftere Gefälle erhält, und die Größe des Auf- und Abtrags vermindert wird.

585. Liegen die Endpunkte der Straße wie gewöhnlich in verschiedener Höhe, so ist es nur selten ausführbar, dieselben durch eine ununterbrochene Steigung zu verbinden. Das Beste was geschehen kann ist, den trennenden Bergrücken an seinem tiefsten Punkte zu überschreiten, und so viel wie möglich Seitenthäler zu vermeiden, in welche man von einer Seite hinabsteigen müßte, um auf der andern Seite diese Höhe wieder zu erreichen.

586. Das Gefälle das man einer Straße gibt, hängt von der Art des Materials zur Bedeckung und von der Art wie die Straßenoberfläche im Stande gehalten wird ab. In allen Fällen soll das Gefälle kleiner seyn, als das, bei dem das gebrauchte Fuhrwerk durch die Schwerkraft anfängt abwärts zu laufen.

Die Gefälle, bei welchen dieß stattfindet, sind durch Versuche ermittelt worden, indem man auf Straßen mit verschiedener Straßendecke im gewöhnlichen Stande und mit verschiedener Neigung die Stelle suchte, auf welcher ein Fuhrwerk noch in Ruhe blieb; oder indem man die Zugkraft auf horizontalen Straßen bestimmt.

Die folgenden Resultate ergeben die Versuche von Macneil in England; sie geben die Zugkraft auf horizontalen Straßen in Procenten der Belastung an.

Nr. 1. Gutes Pflaster; Zugkraft . . . . 1,4 Procent.
„ 2. Bruchsteinstraße auf einer alten Kieselstraße . . 3,9 „

Nr. 3. Kiesstraße . . . . 6,6 Procent.
„ 4. Schotterstraße auf einem rauhen Pflasterboden . 2,1 „
„ 5. Schotterstraße auf einem Boden von Beton . . 2,1 „ *)

Hiernach ist der Ruhewinkel im ersten Falle $\frac{1,4}{100}$ oder $^1/_{68}$ nahe, und größer sollte also die Neigung einer solchen Straße nicht seyn, oder die Höhe welche man erreicht, dürfte nicht über den 68sten Theil der horizontal gemessenen Straßenlänge seyn, wenn die Reibung die Wirkung der Schwerkraft beim Herabrollen aufheben soll.

Eine gleiche Rechnung zeigt, daß der Ruhewinkel für die andern Straßen sich wie folgt ergibt:

Nr. 2. . . . . . $^1/_{35}$.
„ 3. . . . . . . $^1/_{15}$.
„ 4 und 5. . . . $^1/_{49}$.

Diese Zahlen, welche zwischen $^1/_{35}$ und $^1/_{49}$ für die gewöhnlich gebrauchten Straßen liegen und einer im guten Stande befindlichen Straßenoberfläche entsprechen, können für den gewöhnlichen Stand einer gut erhaltenen Straße etwas vergrößert werden, auf $^1/_{28}$ bis $^1/_{33}$, ohne daß man deßhalb genöthigt wäre, beim Herabfahren zu sperren oder mit leichtem Fuhrwerke beim Aufwärtsfahren den Trab zu verlassen.

Das größte Gefälle, das man bei guter Schotterstraße nicht übersteigen sollte, ist $^1/_{20}$ oder 5 Procent. Bei dieser Steigung kann ein Pferd im Schritte seine gewöhnliche Last für horizontale Bahnen ziehen, ohne eines Vorspannpferdes zu bedürfen, und die Erfahrung hat gezeigt, daß ein Pferd bei einer Steigung von 5 Procent in dem gewöhnlichen Schritte eine Höhe mit weniger merkbarer Ermüdung in derselben Zeit erreicht, welche es im Trabe auf einer Steige von 3 Procent zum Gelangen zu demselben Punkte nothwendig hat.

Eine Straße die durchaus horizontal liegt, oder die ein gleiches Gefälle von einem Endpunkte bis zum andern hat, ist für den Zug des Pferdes nicht die geeignetste. Jede von diesen scheint ein Zugpferd mehr zu ermüden, als eine Straße, bei welcher schwache Steigungen mit schwachen Senkungen wechseln, wie z. B. Steigungen oder Senkungen von ein Procent, auf welchen ein Pferd eine Last mit derselben Schnelligkeit fortzieht, wie auf einer horizontalen Straße.

Die Steigungen sollten in allen Fällen so weit als möglich beschränkt werden, da die Mehranstrengung, welche ein Pferd anwenden muß um starke Steigungen hinaufzukommen, in der That sehr groß ist; weßhalb man in allgemeiner Regel 3 Procent als Grenze gelten läßt, wo der Boden dieß zuläßt. Dieses Gefälle kann überall hergestellt werden, selbst wenn man die Seiten steiler Berge hinaufsteigt, indem man die Straßenlinie im Zickzack führt, wobei man die geraden Linien durch Bogen verbindet. Das Gefälle wird in diesen Bogen vermindert und die Straße zur Sicherheit der schnell herab-

*) Vollständigere Versuche hierüber hat Morin angestellt. — Siehe „Vademecum des praktischen Ingenieurs und Baumeisters." Stuttg. bei J. B. Müller 1849. S. 202 und 203.

fahrenden Fuhrwerke erweitert. Diese Verbreiterung kann ein Viertheil betragen, wenn die verbundenen Theile des Zickzacks einen Winkel von 120 bis 90 Grad miteinander bilden, und bis zur Hälfte wachsen, wenn dieser Winkel von 90 bis 60 Grad abnimmt.

587. Hat man auf der Karte die beiläufige Straßenlinie gezeichnet, so kann man die Volume der Abgrabungen und der Auffüllungen vergleichen, welche nahezu dieselbe Größe haben sollen, weil der Abtrag das Material zu dem Auftrage geben soll. Um dieß zu erlangen, ist es oft nothwendig die erste Lage der Straßenlinie etwas zu ändern, indem man sie mehr rechts oder links schiebt oder indem man die Gefälle etwas ändert. Dieses Geschäft ist von großer Langwierigkeit, was man nur durch aufeinanderfolgende Annäherungen ausführen kann. Man theilt dazu zuerst die ganze Linie in mehrere Stücke, für welche man unabhängig voneinander die Gleichheit des Auf- und Abtrags zu erreichen sucht.

Bei der Berechnung der Volume des Auf- oder Abtrags theilt man nach der genauesten Methode diese in Körper von den einfachsten geometrischen Formen, wie Prismen, Keile, Pyramiden, deren Inhalte man nach den bekannten Regeln feststellt. Dieses Verfahren ist übrigens oft langwierig und mühsam, weßhalb man oft andere Methoden, welche zwar weniger genau sind aber viel schneller fördern, vorzieht, wenn nur ihre Resultate die für die Praxis hinreichende Genauigkeit geben. Nach diesen Methoden nimmt man eine Anzahl gleichweit voneinander entfernter Profile und berechnet den Inhalt des zwischen ihnen enthaltenen Raums, indem man entweder die halbe Summe jedes Paars von nebeneinander liegenden Profilen mit der Entfernung der Profile multiplicirt, oder indem man das Profil in der Mitte zwischen beiden mit der Entfernung der Profile multiplicirt. Die letztere Methode ist die schnellste; sie gibt ein zu großes Volum, ist aber genauer als die erste dieser beiden Methoden, welche das Volum zu klein gibt.

Bei der Berechnung des Auf- und Abtrags muß man Rücksicht auf den Unterschied in dem Volumen nehmen, welches dieselbe Erdmasse vor dem Graben und nach dem Aufdämmen einnimmt. Nach einigen genauen Versuchen von Elwood Morris, Civilingenieur, welche in dem Franklin-Journal bekannt gemacht worden sind, scheint es, daß leichter Sand beim Abtrag und Auftrag gleichen Raum einnimmt, thonige Erde ungefähr ein Zehntheil weniger im Auftrage als im Abtrage, kieselige Erde ebenso ein Zwölftheil weniger; Felsen in großen Stücken aber um fünf Zwölftheil mehr und in kleinen Stücken sechs Zehntheil mehr.

588. Eine andere Aufgabe, welche mit der letzten in naher Beziehung steht, ist die Bestimmung der mittleren Transportweite des Abtrags. Nach der Art wie der Abtrag gewöhnlich zu Auftrag verwendet wird, ist diese mittlere Entfernung die Entfernung der beiden Schwerpunkte des Auftrags und des Abtrags. Was auch für eine Verwendung des Abtrags angeordnet wird, so muß man der Kostenersparniß wegen immer suchen, die mittlere Transportweite des Abtrags möglichst klein zu erhalten.

589. Hat man den Straßenzug definitiv festgestellt, so werden über die einzelnen Theile genaue Pläne und Profile ausgearbeitet, welche mit der

größten Genauigkeit die Längen- und Querprofile des natürlichen Bodens und der Straße enthalten, wobei die horizontalen und verticalen Maaße sorgfältig eingeschrieben werden, so daß der ausführende Ingenieur keinen Anstand bei der Absteckung haben kann.

Zu diesen Karten, welche zur Leitung der Erdarbeit erforderlich sind, müssen in's Einzelne gehende Pläne über die Straßendecke, die Mauerungen der Dohlen und Brücken nebst Beschreibungen wie die Arbeit ausgeführt werden soll, angefertigt werden.

590. Mit diesen Hilfsmitteln kann der Ingenieur daran gehen die Straße abzustecken. Die Straßenlinie wird durch Pfähle bezeichnet, welche man numerirt, was in gleicher Weise in der Karte geschieht. Die Breite der Straße und der Abhänge der Dämme oder Ausgrabungen werden in gleicher Weise angedeutet.

Außer den Zahlen, mit welchen die Pfähle numerirt sind, wird auf dieselben die Tiefe der Ausgrabung oder die Höhe der Auffüllung vom natürlichen Boden an geschrieben. Die Lage der Pfähle, welche die wichtigsten Punkte der Straßenlinie angeben, wird mit besonderer Sorgfalt nach festen Punkten in ihrer Nachbarschaft, die in der Karte angegeben sind, horizontal und vertical festgestellt, auch um die Pfähle, wenn sie verschoben werden, leicht wieder berichtigen zu können.

591. Erdarbeit. Dieser Ausdruck bezeichnet jede Arbeit von Auffüllung oder Abgrabung, welche zur Herstellung des Straßenkörpers vorgenommen wird.

592. Bei den Ausgrabungen erfordert die Böschung der Seitenwände eine besondere Ueberlegung. Die Größe der zu gebenden Böschung hängt von der Natur des Bodens ab. Bei gewöhnlichem Boden, wie gewöhnlicher Gartenerde, dichtem Thon oder steinigem Grunde gibt man am besten, obwohl eine stärker geneigte Wand noch dem Einflusse der Witterung widersteht, eine zweifüßige Böschung, d. h. 2 Basis auf 1 Höhe; bei dieser Böschung ist die Straße der Sonne und dem Luftzuge frei ausgesetzt und bleibt daher möglichst trocken. Reiner Sand und Kies können eine noch größere Böschung verlangen. Es ist nicht gebräuchlich künstliche Mittel zum Schutze der Böschungsfläche gegen die Einwirkung der Witterung zu gebrauchen; allein man würde durch solche Maaßregeln viel Mühe und Arbeit sparen. Das einfachste Mittel, das man hier gebrauchen kann, ist die Bekleidung der Abhänge mit gutem Rasen oder mit einer Schichte von Dammerde, 0,1 Meter dick, in welche man Gras ansäet. Diese Mittel reichen aus, wenn der Abhang keinem Angriffe als dem durch den Regen und die Wirkung des Frostes auf die gewöhnliche Erdfeuchtigkeit ausgesetzt ist.

Die Böschungen werden gewöhnlich ununterbrochen vom Fuße bis zum obern Rande fortgeführt; aber bei tiefen Ausgrabungen und besonders in Grund, der dem Abrutschen ausgesetzt ist, läßt man zuweilen horizontale Bänke (benches; bermes) die Böschung unterbrechen, welche einige Fuße breit sind und gegen den Grund hin einen Graben haben, welcher das Wasser das über die oberhalb liegende Böschung herabfließt, aufnimmt. Auf diesen Bänken bleibt die Erde, welche etwa von weiter oben herabfällt, liegen.

Sind diese Böschungen nicht geschützt, so ist es gut, wenn man wohlfeile

Steine hat, eine kleine Trockenmauer am Fuße der Böschung aufzuführen, und zu verhüten, daß das von der Böschung Herabgespülte in die Straße geführt wird.

Eine Bedeckung mit Reisig oder eine Strohdecke können ebenso mit gutem Erfolge angewendet werden, aber beide sind sehr vergänglich.

Bei Abtrag durch feste Felsen, welche an der Luft nicht verwittern, können die Seitenwände vertical stehen; allein da hierdurch die Einwirkung der Sonne und der Luftströmung wesentlich gehindert werden, und diese zur Erhaltung der Straße in trockenem und gutem Stande nothwendig sind, so ist es gut auch hier eine Böschung je nach der Oertlichkeit zu geben, wobei man besonders auf der Südseite durch eine größere Böschung den Sonnenstrahlen den Zugang zur Straße zu gewähren sucht.

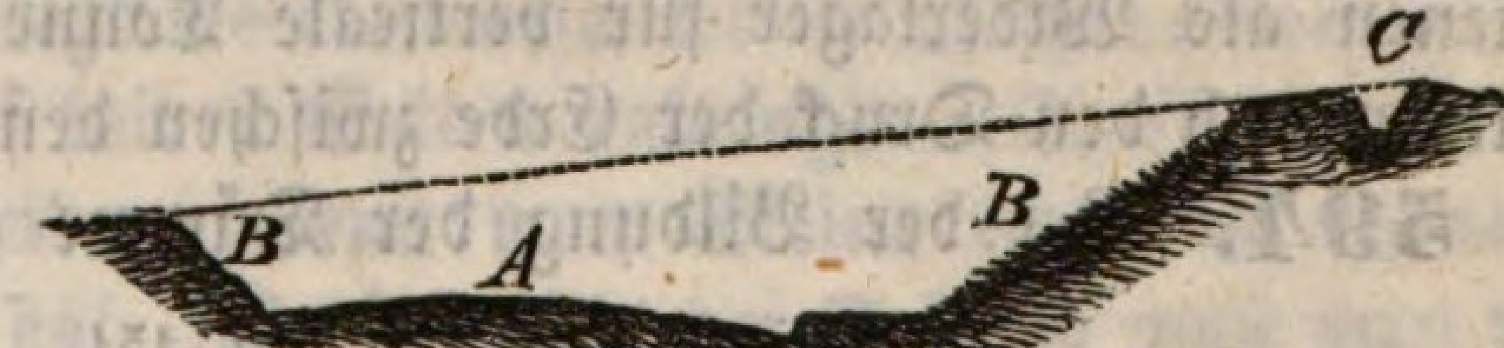
Die schieferigen Felsen verwittern im Allgemeinen schnell, wenn sie der Feuchtigkeit und dem Froste ausgesetzt sind. Hier kann man die Seitenböschungen staffelförmig machen (Fig. 149), diese Staffeln mit Dammerde ausfüllen und diese mit Gras ansäen oder mit Rasen belegen.

Fig. 149.



593. Die geschichteten Felsen und Gründe, bei welchen die Schichten geneigt sind, lassen Rutsche befürchten, bei denen ein losgelöstes Stück über die untere Schichte herabgleitet, was entweder durch Frost oder durch Wasser eingeleitet wird, das sich zwischen die Schichten eindrückt. Der schlechteste Grund dieser Art ist der, welcher aus abwechselnden Schichten von Thon und Sand besteht, besonders wenn der Thon mit Wasser gemischt halbflüssig wird. Die beste Begegnung dieses Uebels besteht in einer vollkommenen Ableitung des Wassers durch Gräben, um das Wasser der Oberfläche vom Durchsickern durch den Boden abzuhalten und um alle Quellen von der Böschung abzuschneiden. Die Wasser der Oberfläche können durch einen einfachen Graben (Fig. 150) abgeleitet werden, welcher oben an der Böschung gegen die Bergseite zu ausgehoben wird, und welcher diese Wasser in einen passenden Abfluß leitet; die Böschung auf der Thalseite ist vergleichungsweise dem Angriffe des Wassers viel weniger stark ausgesetzt.

Fig. 150. *)



*) Fig. 149. Querschnitt eines Straßeneinschnittes.
A Straße.
B Seitenböschungen.
C Wasserableitungsgraben.

Wo Bergschlipfe durch Quellen veranlaßt werden, ist es oft sehr schwer die Böschungen zu schützen. Kann man die Quellen leicht durch Graben erreichen,

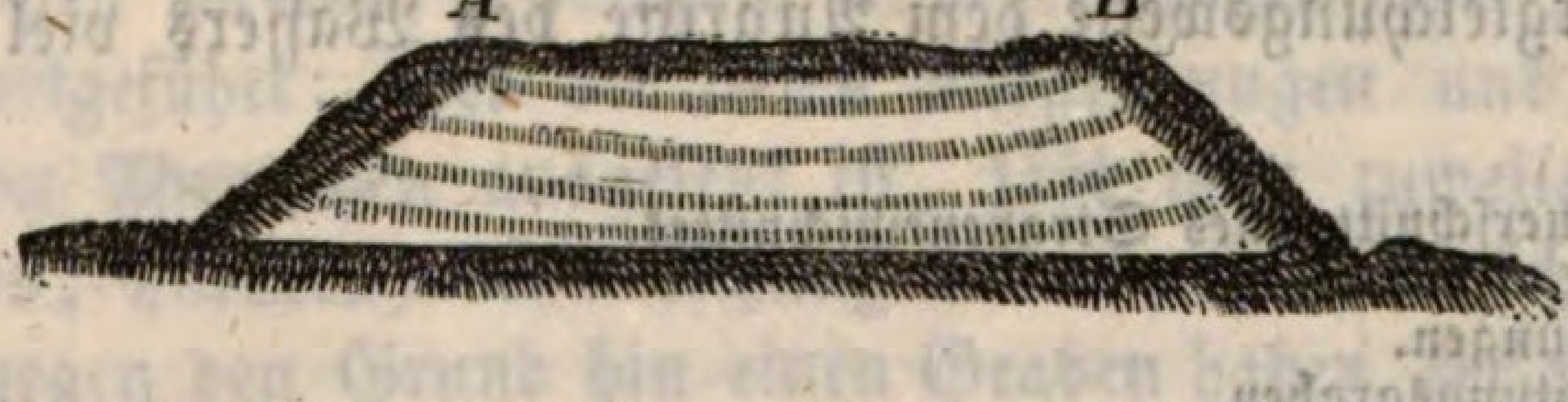
so kann man Rinnen durch Schichten von Faschinen oder Reisig bilden, welche dem Wasser einen Ausweg darbieten. Die Faschinen kann man mit Rasen bedecken, welcher mit der Grasseite abwärts gelegt wird, und die Ausgrabung welche man zur Herstellung der Rinne gebraucht hat, mit guter Erde ausstampfen. Ebenso kann man Rinnen von Bruchsteinen unter einer Rasendecke anlegen. Wo die Quellen nicht vereinzelt sind, sondern die ganze Masse des Abhanges von Wasser durchdrungen ist, kann man Einschnitte in der Breite von wenigen Fußen in Zwischenräumen von einigen Fußen ausheben und diese mit Bruchsteinen ausfüllen, oder man kann auch den ganzen Abhang ausheben und mit Steinen ausfüllen, zwischen welchen das Wasser durchsickert. Erachtet man dieses für nothwendig, so ist es gut diese Bruchsteine wie eine geneigte Stützmauer anzulegen, mit Strebepfeilern, welche weiter als die Mauer in das Innere des Abhanges hineintreten. Die Außenfläche dieser Wasserableitung überkleidet man mit Rasen, der auf die Grasseite gelegt wird und auf den man gute Erde fest aufstampft. Diese Mauer führt man nur so hoch auf, bis man alle Quellen abgeschnitten hat; man setzt sie tief genug unter die Fläche der Straße fort, um ihr ein festes Fundament zu geben.

Die Ableitung der Wasser hat man in manchen Fällen dadurch ausgeführt, daß man Schächte in einiger Entfernung hinter der Böschung von der obern Bodenfläche bis zur Bodenfläche des Einschnittes abteuft, und das Wasser das sich in diesen sammelt, durch Röhren in die Straßengräben leitet. In andern Fällen hat man einen Einschnitt parallel mit der Straße gemacht, der tief genug war, um alle Quellen aufzunehmen, und hat diesen mit Bruchsteinen ausgefüllt, oder mit Reisig über welches Bruchsteine bis oben aufgefüllt wurden.

Bei einigen neueren Bauten hat man in England bei sehr schlechtem Boden diesen durch Backsteinmauerung gesichert, die viele Aehnlichkeit mit der Art hat wie man die verticalen Wände wenig tiefer Einschnitte mit Holzwerk schützt. Hierzu werden von Strecke zu Strecke längs des Einschnittes starke Strebepfeiler von Backsteinen auf jeder Seite, einander gegenüber aufgestellt und am Boden durch umgekehrte Bogen verbunden. Zwischen diese Pfeiler werden in passenden Höhen mehrere Balken von Backsteinen gemauert, welche nach unten einen flachen Segmentbogen bilden, und nach oben durch einen gleichen, aber umgekehrten Bogen begrenzt sind. Die so verstärkten Pfeiler dienen als Widerlager für verticale Tonnengewölbe, welche die Außenseite bilden und den Druck der Erde zwischen den Strebepfeilern tragen.

594. Bei der Bildung der Dämme (Fig. 151) müssen die Seiten-

Fig. 151.



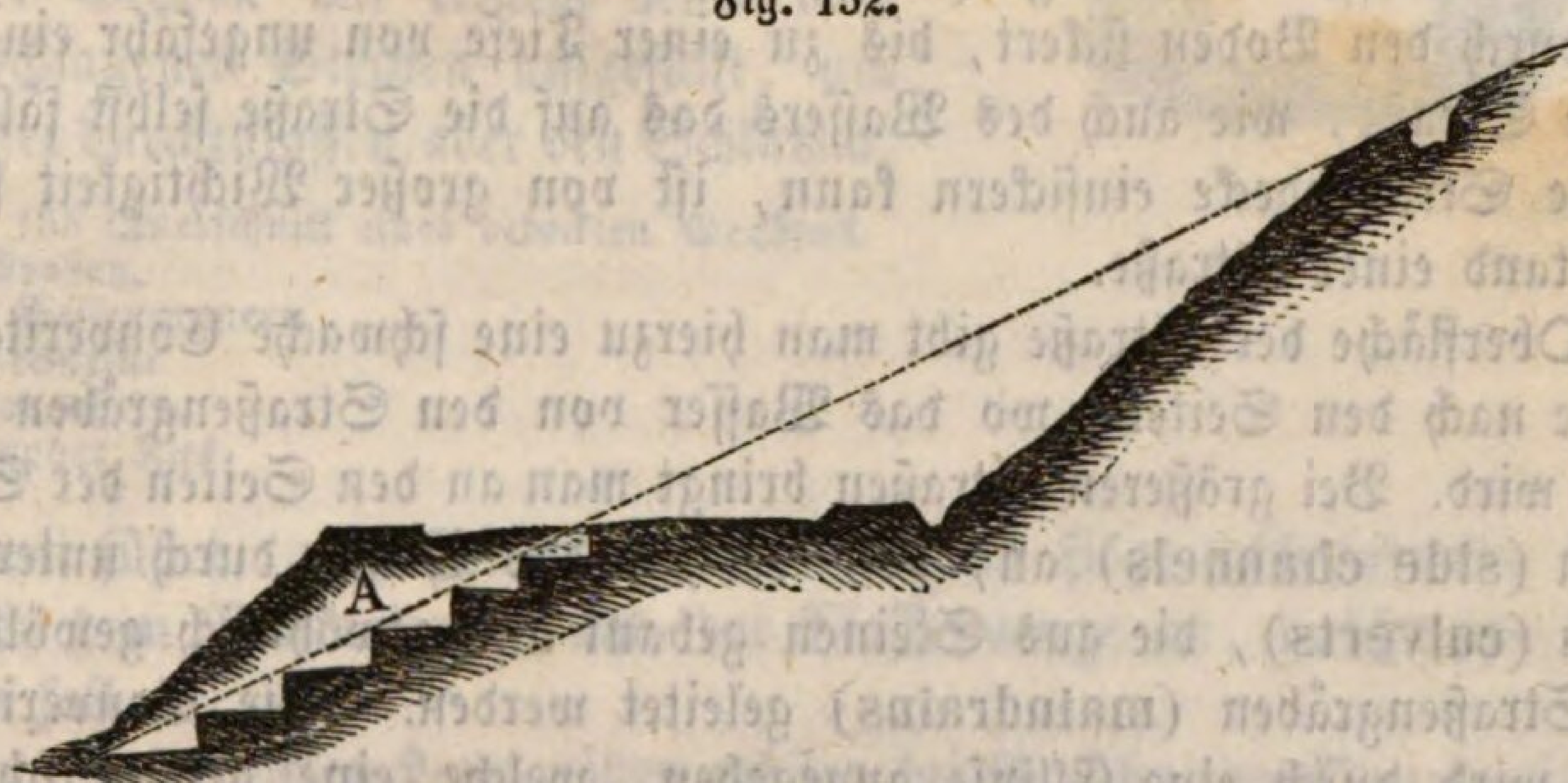
wände eine kleinere Neigung erhalten, als die welche die Erde für sich annimmt, um dem Damme mehr Dauer zu geben und die obere Breite desselben zu erhalten. Um die Seitenböschungen zu erhalten, sollten diese mit Rasen belegt

oder mit Gras angesäet werden; auch soll man das Wasser von der Straße nicht über dieselben hinablaufen lassen, um die Bildung von Rinnen und den allmähligen Zerfall des Dammes zu vermeiden. An Orten wo man Steine genug hat, kann man für die Seitenböschungen trockene Stützmauern anlegen.

Um soweit möglich das Setzen der Dämme zu beschränken, kann man die Erde nach und nach in Schichten von ungefähr ein Meter Dicke aufführen, und jede Schichte gut aufstampfen. Diese Methode ist kostspielig und wird daher nur bei Bauten von besonderem Werthe angewendet. Für ausgedehnte Dämme füllt man gewöhnlich aus Sparsamkeit von einem Ende zum andern sogleich in ganzer Höhe auf. Hierbei ist es nun am besten, zuerst die Seitenwände zu bilden und von dort nach innen voranzuschreiten, so daß sich die Erde von selbst in Schichten legt, die nach innen geneigt sind. Dieß wirkt sehr gut einem Rutschen nach außen entgegen. Der Fuß der Böschung muß durch eine niedere Steinmauer oder eine kleine Ausgrabung festgehalten werden.

595. Liegt die Mittellinie der Straße außen an einem Bergabhange, so daß das Querprofil der Straße Auftrag und Abtrag zugleich enthält, so läßt man gewöhnlich den Auftrag nach und nach längs des Einschnittes bilden. Diese Methode ist unsicher und man sollte keine Kosten sparen, um dem Auftrage einen guten Fuß auf der natürlichen Oberfläche, auf der er ruht, zu geben. Hierzu wird diese natürliche Oberfläche in Stufen gehauen und den Fuß des Dammes läßt man auf einer niedern Stützmauer oder auf einer Bank von fest eingerammter Erde ruhen (Fig. 152).

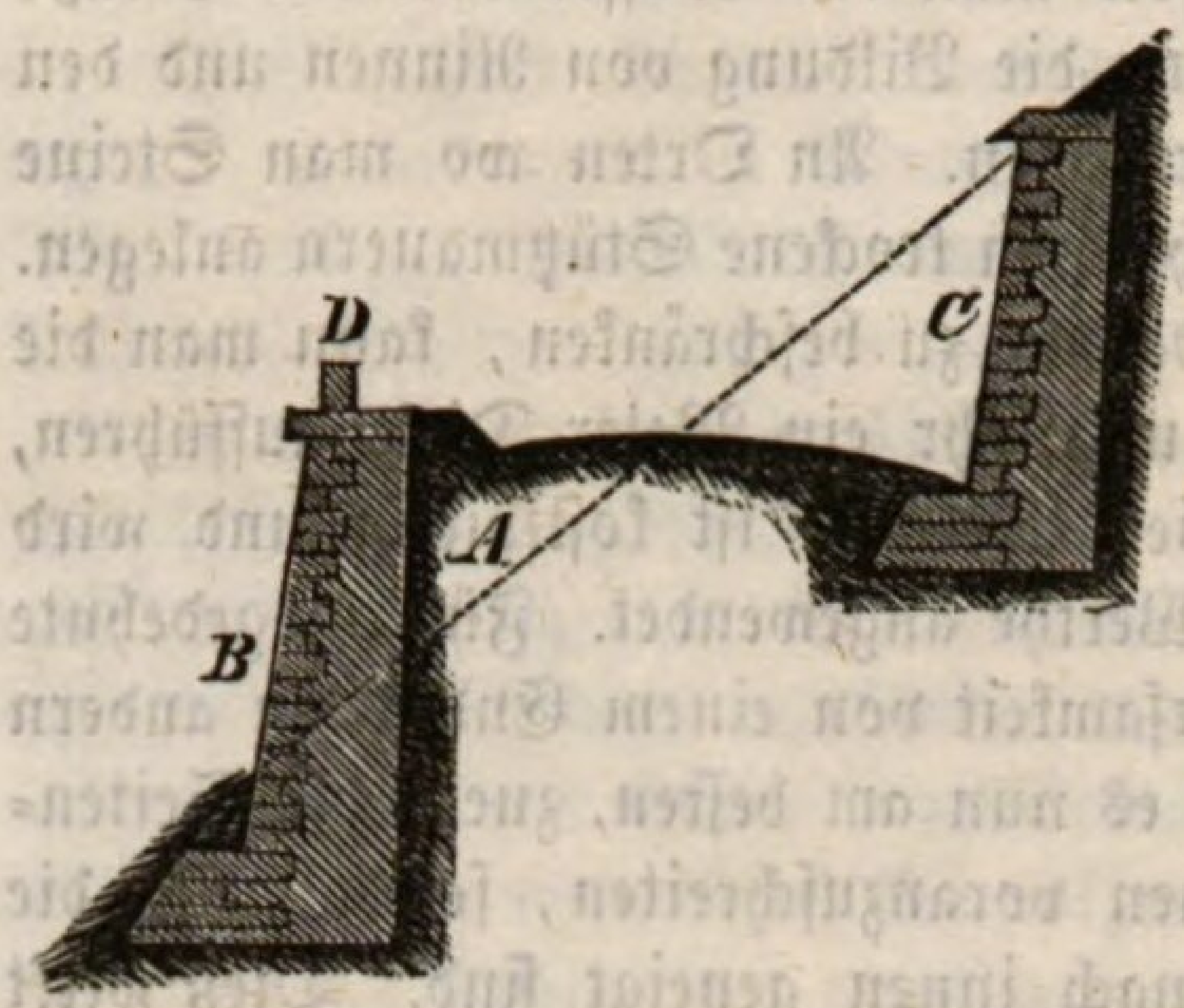
Fig. 152.



Bei steilen Bergabhängen genügt die eben beschriebene Methode noch nicht. Hier muß man Stützmauern auf beiden Seiten anbringen. Diese können in Trockenmauerung aufgeführt werden, wenn man Steine von hinreichender Größe für diese Art Mauerung hat. Ist dieß nicht der Fall, so muß man die Steine in Mörtel legen, und hierzu ist hydraulischer Kalk der allein brauchbare (umstehende Fig. 153). Die Mauer auf der Bergseite muß bis zur natürlichen Oberfläche des Grundes fortgeführt werden, die andere wird bis zur Straßenhöhe aufgemauert; auf ihr bringt man eine Brustwehr an, um die Fuhrwerke welche die Straße verlassen wollen, abzuweisen.

Eine Straße kann theilweise in den Auftrag und theilweise in den Abtrag längs einer Felsenwand gelegt werden, indem man die Felsen sprengt, wenn die natürliche Oberfläche nicht weniger als eine zweifüßige Böschung hat (zwei

Fig. 153. *)



Sohle auf eins Höhe); bei einer kleineren Böschung oder stärkeren Neigung sollte die ganze Straße eingeschnitten werden.

596. Man hat Straßen an Orten, wie die zuletzt betrachteten, welche von Holzwerk getragen werden das aus horizontalen Balken besteht, die einerseits in Vertiefungen liegen, die man in die Felsen gehauen hat, und andererseits von schiefen Streben getragen werden, die in Stufen auf dem Felsen stehen.

*) Fig. 153. Querschnitt einer Straße mit Stützmauern.
A Auffüllung.
B Stützmauer des Dammes.
C Stützmauer des Einschnittes.
D Brustwehr des Fußweges.

597. Liefern die Einschnitte nicht genug Erde für die Aufdämmungen, so muß man diese, wie man sagt, entlehnen, indem man seitwärts vom Damme an passenden Orten Erde wegnimmt.

Ist der Abtrag größer als der Auftrag, so wird die überflüssige Erde neben dem Einschnitte aufgedämmt.

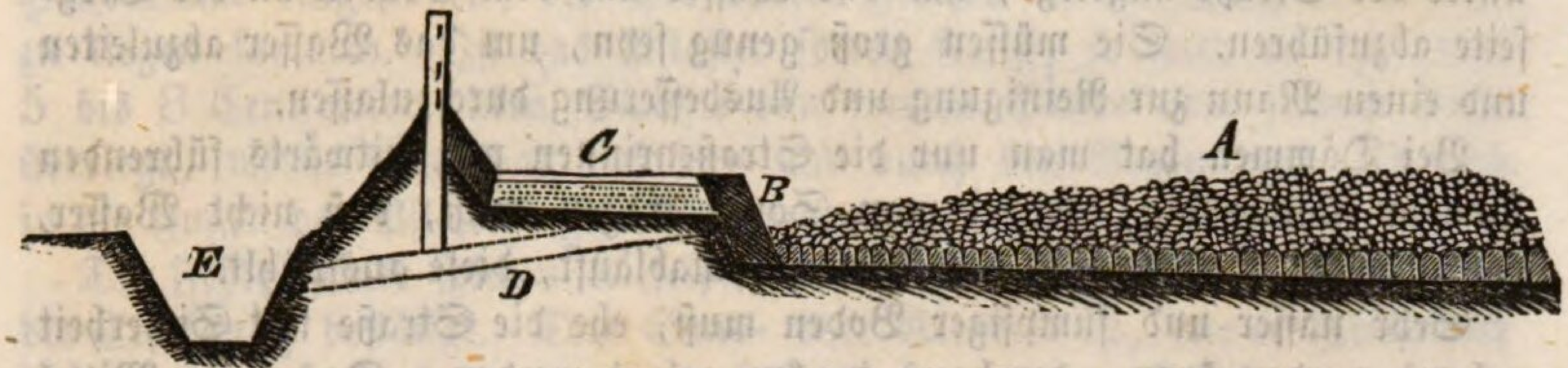
598. Wasserableitung (drainage). Die Ableitung des Wassers, welches durch den Boden sickert, bis zu einer Tiefe von ungefähr ein Meter unter die Straße, wie auch des Wassers das auf die Straße selbst fällt, ehe es in die Straßendecke einsickern kann, ist von großer Wichtigkeit für den guten Stand einer Straße.

Der Oberfläche der Straße gibt man hierzu eine schwache Convexität, von der Mitte nach den Seiten, wo das Wasser von den Straßengräben aufgenommen wird. Bei größeren Straßen bringt man an den Seiten der Straßen Rinnen (**side channels**) an, von welchen das Wasser durch unterirdische Dohlen (**culverts**), die aus Steinen gebaut und gewöhnlich gewölbt sind, in die Straßengräben (**maindrains**) geleitet werden. Die Convexität der Straßen wird durch eine Ellipse angegeben, welche eine große Achse von 4,57 Meter hat, und deren kleine Achse 23 Centimeter beträgt, wodurch die Mitte der Straße 23 Centimeter über die Straßenrinnen zu liegen kommt. Diese Convexität ist für das Trockenhalten einer ganz horizontalen Straße in einer flachen Gegend nicht hinreichend; aber sie ist die größte welche man geben darf. Kann man in einer solchen Gegend der Straße nicht ein schwaches Gefälle der Länge nach geben, so muß man suchen sie ungefähr einen Meter über das nebenliegende Gelände zu erheben, um das Wasser besser von der Oberfläche abzuleiten und den Winden mehr Einfluß zu geben.

Um das Wasser unter der Straße in einer flachen Gegend abzuleiten, werden offene Seitengräben (Fig. 154) parallel mit der Straße einige Fuße von ihr angelegt.

Der Boden der Seitengräben sollte wenigstens ein Meter unter der Straßen-

Fig. 154. *)



*) Fig. 154 Querschnitt einer Schotterstraße.
A Straßenbahn.
B Straßenrinne.
C Fußweg.
D Dohlen, welche die Straßenrinne mit dem Straßengraben E verbinden.

bahn liegen; ihre Größe hängt von der Natur des Bodens ab. In bebautem Lande sollte der Graben auf der Feldseite des Hages seyn.

In Einschnitten füllen sich offene Gräben bald aus. Dort bringt man gemauerte und bedeckte Graben aus Stein oder Backstein an. Sie bestehen (Fig. 155) einfach aus einem Boden von Platten oder Backsteinen, mit zwei Seitenwänden aus Bruchsteinen oder Backsteinen, über welche Platten gedeckt sind, die offene Fugen haben, um das das Wasser frei in den Graben eintreten zu lassen. Diese Platten sind mit einer Lage Stroh oder Reisig belegt, und darüber wird der Graben mit reinem Kies oder klein geschlagenen Steinen aufgefüllt, um das Wasser durchzulassen, aber den Schlamm,

Fig. 155. *)



*) Fig. 155 Querschnitt eines bedeckten Grabens.
A Graben.
a, a Seitenmauern.
b Decksteine.
c Bodenstein.
d Grober Kies.

den es mit führt, aufzuhalten. Die Weite und Höhe solch bedeckter Graben hängt von dem Baumateriale und der Wassermenge ab, welche der Graben abführen soll.

Außer den bedeckten Langgräben müssen bei Einschnitten Querkanäle unter der Straße angelegt werden, welche im Grundrisse die Form des Buchstaben V haben (cross mitre trains). Die Spitze des Kanals liegt in der Mitte der Straße, gegen deren Steigen gerichtet. Der Winkel wird so gewählt, daß die Sohle des Kanals nach jedem der beiden Schenkel nicht mehr als ein Procent Gefälle hat, um dem Wasser nicht zu viel Geschwindigkeit zu geben. Die Construction dieser V Graben ist dieselbe, wie bei den bedeckten Langgraben. Sie werden alle 50 bis 60 Meter angebracht.

In manchen Fällen bringt man offene Fanggraben (catch-water drains) in den Böschungen der Einschnitte an. Sie laufen schief an der Oberfläche hinauf und leiten ihr Wasser unmittelbar in die Querdohlen, welche zu dem natürlichen Wasserabflusse führen.

Liegt die Straße an einem Abhange, so werden gewöhnliche Dohlen quer

unter der Straße angelegt, um das Wasser aus dem Graben an der Bergseite abzuführen. Sie müssen groß genug seyn, um das Wasser abzuleiten und einen Mann zur Reinigung und Ausbesserung durchzulassen.

Bei Dämmen hat man nur die Straßenrinnen mit seitwärts führenden Dohlen nothwendig, wobei man Sorge tragen muß, daß nicht Wasser, das über die Seitenwände des Damms hinabläuft, diese ausspühlt.

Sehr nasser und sumpfiger Boden muß, ehe die Straße mit Sicherheit gebaut werden kann, durchaus trocken gelegt werden. Das beste Mittel hierzu ist, an jeder Seite der Straße einen tiefen und breiten offenen Graben anzulegen, welcher das Wasser ableitet. Häufig verbindet man diese Graben durch bedeckte Quergraben, um den Boden unter der Straße zu entwässern. Diese werden so tief angelegt, als der Abfluß des Wassers in die Hauptgraben gestattet.

Außer der Trockenlegung erfordern sumpfige Boden mit einem nachgebenden, elastischen Untergrunde ein künstliches Bett für die Straßendecke. Dieses Bett kann man zuweilen durch einfache Entfernung der oberen Lagen in einigen Fußen Tiefe erhalten, wenn man diese durch gut eingestoßenen Kies oder einen andern festen Grund ersetzt. In andern Fällen, wo der Untergrund dem gewöhnlich von der Straße getragenen Drucke leicht nachgibt, muß man ein Bett von Reisig von 25 bis 50 Centimeter Dicke ausbreiten, auf welches der Grund der Straße kommt. Das Reisig sollte sorgfältig unter den langen, geraden schwachen Schossen der Aeste und des Unterwuchses ausgewählt und in Bündel gebracht werden, die 20 bis 30 Centimeter dick und 3 bis 6 Meter lang sind und Faschinen (fascines) genannt werden. Diese Faschinen werden in abwechselnden Schichten der Länge nach und quer gelegt; diese Schichten werden mit Pfählen verbunden und die Weiden, mit denen die Faschinen gebunden sind, durchschnitten, um aus dem Reisig eine compacte und gleichförmige Unterlage zu bilden.

Diese Methode, ein gutes Bett für Bauten auf einem schwachen und nassen Boden sich zu verschaffen, ist seit langer Zeit in Holland im Gebrauche, und die Erfahrung hat ihre Vortrefflichkeit gezeigt.

599. Die Fahrbahn. Die Fahrbahn soll die Widerstände, welche von Stößen und der Reibung herrühren, möglichst vermindern, und so die nothwendige Zugkraft so klein als möglich machen, und muß daher aus einem harten und dauerhaften Materiale auf einer festen Unterlage bestehen, und eine gleichförmige ebene Oberfläche darbieten.

Das gewöhnlich zur Fahrbahn verwendete Material ist Stein in Gestalt von regelmäßig geformten Stücken oder großen runden Kieseln, was gepflasterte Straßen gibt; oder zerschlagene Steine von kleinen Dimensionen und Kies.

600. Pflasterung (pavement). Die in den Vereinigten Staaten gebräuchlichste Pflasterung besteht aus runden Kieseln, Pflastersteinen (paving stones; pavés) von 8 bis 20 Centimeter Durchmesser, welche in ein Bett von reinem Sand oder Kies von 30 bis 60 Centimeter Dicke gelegt werden. Die größten Steine bringt man in die Mitte der Straße. Die Steine werden sorgfältig in das Bett gesetzt und dann mit einer schweren

Handramme eingestoßen, bis ihre oberen Flächen in die Straßenoberfläche zu liegen kommen. Ist das Pflaster soweit fertig, so wird es mit einer 5 bis 8 Centimeter dicken Schichte von reinem Sande oder feinem Kiese überlegt, welche durch das Befahren und durch den Regen nach und nach in die Fugen des Pflasters geschafft werden.

Die Fehler einer solchen Kieselpflasterung sind augenscheinlich und durch die Erfahrung bestätigt. Das Sand- oder Kiesbett ist, wie es gewöhnlich bereitet wird, nicht fest genug; es sollte in getrennten Schichten von beiläufig 10 Centimeter Dicke in feuchtem Zustande gut eingestoßen oder mit einer schweren Walze eingedrückt werden. Auf dieses Bett sollte eine Schichte von loosem Material 5 bis 8 Centimeter hoch aufgetragen werden, welche die Enden der Pflastersteine aufzunehmen hätten. Die Form der Kiesel gibt zu einem großen Widerstande durch Stöße und Reibung den Anlaß.

Pflasterungen, die man Steinbahnen (stone tramways) nennt, hat man in einigen Städten von Europa für leichtes und für schweres Fuhrwerk versucht. Sie bestehen in zwei Linien von langen gehauenen Steinstücken, auf welchen die Räder gehen, mit einem Kieselpflaster zwischen beiden, als Pferdeweg. Bei vielfach sich drängenden Durchfahrten bieten diese Steinbahnen wenig oder gar keine Vortheile, weil es unausführbar ist, die Fuhrwerke auf denselben zu erhalten, und bei schweren Lasten erhalten sie Geleise. Die Steinblöcke müssen sorgfältig auf einen sehr festen Untergrund gelegt, und sorgfältig muß man besonders darauf achten, keine Geleise zwischen den Steinen und dem Kieselpflaster aufkommen zu lassen.

Steine, welche für Pflasterungen sich eignen, sollen hart und dicht seyn und sich nicht sehr unter den darübergehenden Lasten glätten. In England zieht man einige Arten Granit vor; in Frankreich wird ein sehr feinkörniger grauer Sandstein sehr häufig gebraucht, welcher aber sehr glatt wird.

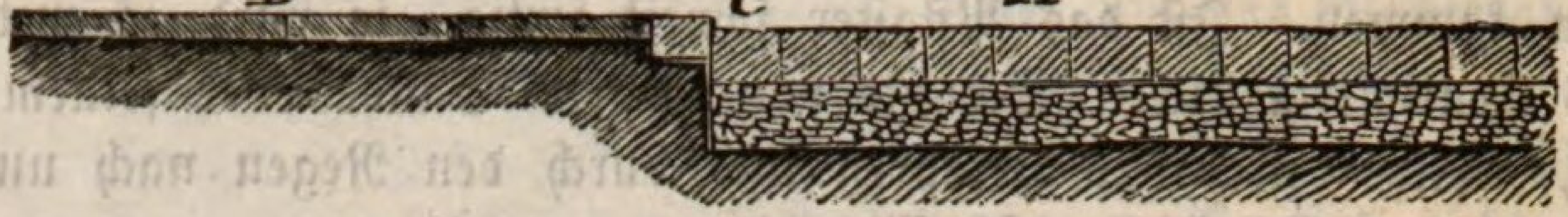
Der Sand zu dem Bette soll rein und frei von Kieseln und Grus seyn, die größer als $^1/_2$ Centimeter sind. Ist das Sandbett, wie oben angegeben, in feuchten Schichten eingestampft, so bietet es einen sehr festen Grund für die Pflasterung dar.

Holzpflasterungen aus Holzstücken von verschiedener Form hat man an mehreren Orten versucht, aber nun meistentheils wieder abgeändert, weil das Material zu schnell zu Grunde geht, selbst wenn man das Holz gegen Fäulniß zu schützen gesucht hat.

Asphaltpflaster hat man ebenso probirt, und hat sie ebenfalls schon nach wenigen Jahren Gebrauch unbrauchbar gefunden.

Die beste Pflasterung ist die, welche man zum Theil in einigen Handelsstädten Englands findet, zu welcher die Idee von den ausgezeichneten Römerstraßen, von welchen man noch heutigen Tages Spuren im guten Zustande findet, hergenommen zu seyn scheint. Zu dieser Pflasterung wird zuerst ein Bett (umstehende Fig. 156) hergerichtet, indem man die Erde auf 0,3 Meter Tiefe oder mehr aushebt, um eine feste Schichte zu erhalten; die Oberfläche dieses Bettes erhält eine sehr geringe Convexität von ungefähr $^1/_{60}$ von der Mitte nach den Seiten der Straße. Ist der Boden von weicher, thoniger Beschaffenheit, so daß kleine zerschlagene Steine durch die Räder des Fuhr-

Fig. 156. *)



*) Fig. 156. Gepflasterte Fahrbahn.
A Pflaster.
C Randstein.
B Platten des Seitenwegs.

werkes leicht in denselben gedrückt werden, so wird derselbe 0,3 bis 0,6 Meter tiefer ausgehoben, um ein Bett von Sand oder reinem, feinem Kiese darauf zu legen. Auf die Oberfläche des so bereiteten Bettes kommt eine Lage von kleinen zerschlagenen Steinen 0,1 Meter dick; diese Steine sollten nach keiner Richtung stärker als 7 Centimeter seyn. Nun wird die Straße dem Verkehre geöffnet, bis die erste Lage vollkommen dicht ist, wobei man sorgfältig alle Geleise mit frischen Steinen ausfüllt und die Form der Oberfläche erhält. Dann wird eine zweite Schichte von Steinschotter in derselben Dicke wie die erste aufgelegt und ebenso behandelt wie diese; endlich eine dritte. Ist diese dritte Schichte dicht zusammengefahren und von glatter Oberfläche, so wird 7 Centimeter dick feiner, reiner Sand aufgetragen, in welchen die Pflastersteine gelegt werden. Diese sind rechteckig und von verschiedener Größe, nach der Natur des Verkehrs über die Straße. Die größten sind 25 Centimeter dick, 23 breit und 30 lang; die kleinsten sind 15 Centimeter dick, 12 breit und 24 lang. Jeder Stein wird sorgfältig in das Sandbett mit Hülfe einer schweren Handramme eingestoßen; dann wieder herausgenommen, um die Seite des Steines, gegen den er stößt, mit hydraulischem Mörtel zu bedecken. Nun wird der Stein wieder an seinen Platz gebracht und genau gerichtet. Die Steine der verschiedenen Schichten quer über die Straße müssen die Fugen wechseln. Die Oberfläche der Straße wird convex, indem man die äußeren Kanten um $^1/_{60}$ der Breite tiefer legt als die Mitte.

Dieses System erfüllt vollkommen alle Anforderungen an eine gute Straßendecke; es gibt eine harte, ebene Bahn für die Räder und ruht auf einem festen Bette, das aus der Beschotterung gebildet ist. Die Mörtelfugen hindern, so lange sie dicht sind, das Eindringen des Wassers unter das Pflaster, allein es ist wahrscheinlich, daß durch die Erschütterungen durch schwer beladene Fuhrwerke und durch die Ausdehnungen der Steine beim Temperaturwechsel, welcher in unserm Klima sehr bedeutend ist, der Mörtel bald zertrümmert und ausgewaschen werde.

In Frankreich und in vielen Städten des Continentes werden mit rauhen Steinen von cubischer Form von beiläufig 22 Centimeter Seite gepflastert. Diese werden in ein Sandbett gelegt, das nur 10 bis 15 Centimeter dick ist, wenn der Boden unter ihm fest ist; bei schlechtem Untergrunde läßt man diese Dicke von 15 bis 30 Centimeter wachsen. Die Fugen quer über die Straße liegen gewöhnlich in einer Linie, die Fugen längs der Straße wechseln. Zuweilen werden die Pflastersteine so gestellt, daß die Fugen einen Winkel von 45° mit der Straßenrichtung bilden, wobei die Fugen in einer

Richtung fortlaufen und in der andern wechseln. Bei dieser Anordnung soll die Abnutzung der Kanten, durch welche die Oberfläche der Pflastersteine bald convex wird, vermindert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Abnutzung der Kanten bei denen am größten ist, welche quer über die Straße laufen, wenn die Steine wie gewöhnlich gestellt werden. Aus den Versuchen von Morin über den Einfluß der Form der Pflastersteine auf die nothwendige Zugkraft auf diesem Pflaster ergibt sich, daß der Widerstand eines Pflasters aus durchschnittlich 14 Centimeter breiten Steinen, in der Richtung der Straße gemessen, welche ungefähr 23 Centimeter lang sind, kleiner ist, als der eines Pflasters aus cubischen Steinen von der gewöhnlichen Größe.

Beim Straßenpflaster in den Städten müssen Seitenwege und Uebergangsplätze für die Fußgänger angebracht werden. Die Seitenwege werden aus großen Steinplatten, die wenigstens 5 Centimeter dick sind, gebildet, welche man auf ein gut eingestoßenes Bett von reinem Kies legt. Die Breite der Fußwege hängt von der Frequenz der Straße ab. Es ist immer gut, dieselben wenigstens 3,5 Meter breit zu nehmen; sie erhalten ein Gefälle von $^1/_{20}$ der Breite gegen das Pflaster, um das Wasser in die Wasserrinnen zu leiten. Das Pflaster ist von den Fußwegen durch eine Reihe von langen Platten getrennt, die hochkantig aufgestellt sind und Randsteine (curb-stones; pavés de bordure) heißen; sie trennen das Pflaster von den Platten und bilden die Seiten der Straßenrinnen. Zu diesem Zwecke springen sie 15 Centimeter über die Außenseite der Pflastersteine vor und sinken wenigstens 10 Centimeter unter deren Oberfläche hinab. Oben sind sie bündig mit den Platten, so daß das Wasser vom Trottoir über sie hinfließen kann.

Die Uebergänge sollen 1,2 bis 1,8 Meter breit seyn und etwas über die allgemeine Fahrbahn hervorragen, um frei von Koth zu bleiben.

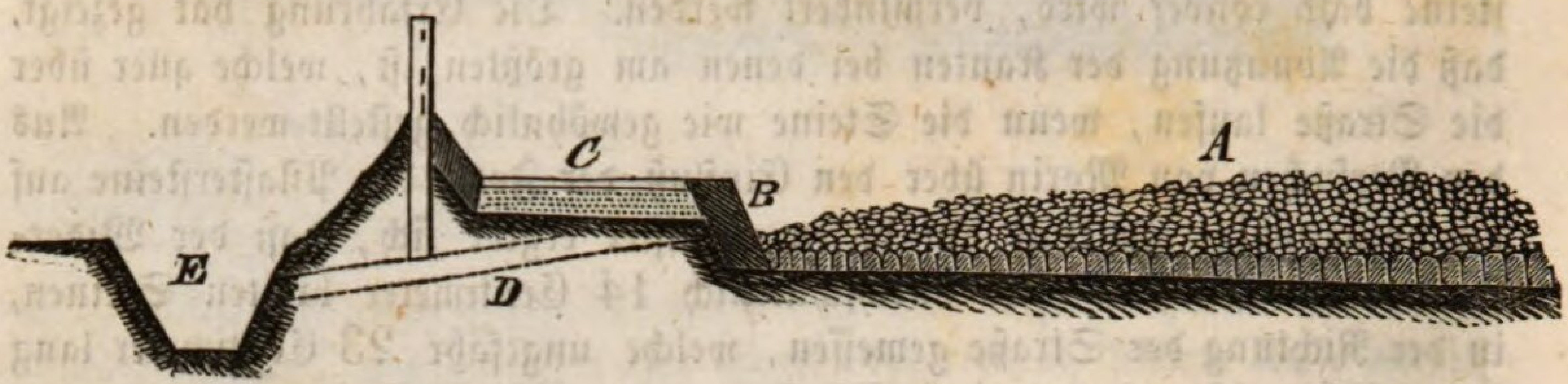
601. Schotterstraßen (**broken-stone roads; chaussées en empierrement**). Die gewöhnlichen Straßenanlagen in Amerika und Europa bestehen darin, daß man eine Schichte von klein zerschlagenen Steinen, Schotter, entweder auf den natürlichen Boden bringt oder auf ein Pflaster, das aus kleinen unregelmäßigen Steinen gebildet ist. In England haben beide Systeme ihre Vertheidiger; die einen behaupten das erste, welches von Mac-Adam in Ruf gebracht wurde, woher diese Straßen macadamisirt heißen, sey das vorzüglichere; während Telford bei den großen Staatsstraßen in Großbritannien das andere anwendet.

Der Straßenbau ist in den letzten Jahren unter den französischen Ingenieuren neuerdings besprochen worden; der aus der Erfahrung abgeleitete Schluß war, daß eine Fahrbahn aus Schotter allein unter den schwersten Lasten und beim stärksten Verkehre genüge. Einige französische Ingenieure empfehlen für einen sehr nachgebenden thonigen Untergrund entweder einen gepflasterten Boden für die Beschotterung, wie Telford dieß anwendete, oder ein starkes Zusammenpressen des Bodens, ehe man das Straßenschotter aufträgt.

In Deutschland zieht man allgemein einen gepflasterten Unterbau auf nachgebendem Boden vor.

Zu dem gepflasterten Boden nach Telford's Angabe (Fig. 154) wird die

Fig. 154.*)



*) Die Bedeutung der Buchstaben ist dieselbe wie auf Seite 213.

Oberfläche des Straßenkörpers, Planum, in passender Tiefe ausgehoben und ein Bett für das Pflaster wie bei gewöhnlichen Pflasterungen bereitet. Zu dem Pflaster wählt man pyramidale Steine aus, welche für eine Straße von 9 Meter Breite ungefähr 18 Centimeter dick für die Mitte und 8 Centimeter für den Rand der Straße sind. Die Grundfläche jedes Steines sollte nicht unter 13 Centimeter messen, am dünneren Ende nicht unter 10. Die Steine werden sorgfältig und so geschlossen an ihren Grundflächen als möglich gestellt, wobei das Pflaster eine schwach convexe Oberfläche erhält. Die Räume zwischen den Steinen werden mit Schotter ausgefüllt, den man mit einem kleinen Hammer dicht einschlägt.

Eine Schichte von zerschlagenen Steinen wird dann 10 Centimeter dick, 2,7 Meter breit nach jeder Seite von der Mitte aus aufgetragen; diese Steine sollten nach keiner Richtung über 6 Centimeter dick seyn. Ueber die äußeren Enden der Straße breitet man kleinere Steine oder groben Kies bis zur gleichen Höhe aus.

Die Straße wird nun zum Befahren so lange geöffnet, bis die obere Schichte vollkommen dicht geworden, wobei man sorgfältig alle entstandene Geleise sogleich wieder mit frischen Steinen ausfüllen muß. Dann wird eine zweite Schicht Steine ungefähr 5 Centimeter dick über die Mitte der Fahrbahn ausgebreitet, wobei die Außenseiten der Straßen wieder mit kleinerem Materiale bis zur Herstellung des Profils der Straße aufgefüllt werden. Eine Bekleidung von reinem grobem Kiese von 4 Centimeter Dicke wird über die Oberfläche gebracht und die Straße dem Verkehr geöffnet.

Die Steine, welche zum Pflaster gebraucht werden, können weniger hart und dauerhaft seyn, als die zur Beschotterung, da sie dem Angriffe des Fuhrwerks wenig ausgesetzt sind. Die Oberfläche sollte aber aus dem härtesten Materiale gebildet werden, das man erhalten kann. Die Ueberkiesung dient zur Erleichterung des anfänglichen Befahrens; sie ist übrigens fehlerhaft, da sich der Kies zwischen die zerschlagenen Steine eindrängt und das Binden dieser Steine vermindert.

Kann die Fahrbahn nicht in der ganzen Breite gepflastert werden, so sollte dieß wenigstens auf 2,7 Meter nach jeder Seite von der Mitte aus geschehen. Die Außenseiten der Straße werden dann ganz aus reinem Kiese oder Steinschotter hergestellt.

Bei Straßen, die nicht stark befahren werden, erfordert das Pflaster nicht

so viel Sorgfalt; es wird dort aus Steinen, die man zur Hand hat, hergestellt, welche man in solche Bruchstücke zerschlägt, daß jedes einzelne nicht über 2 Kilogramm wiegt. Die Oberfläche der Fahrbahn kann wie oben beschrieben gebaut werden.

602. Wird die Fahrbahn aus zerschlagenen Steinen allein hergestellt, so ist das Bett für das Straßenmaterial auf gleiche Weise wie für das Unterpflaster herzustellen: darauf kommt eine Lage von Steinen 0,1 Meter dick, welche sorgfältig über das Bett ausgebreitet wird, worauf die Straße dem Verkehr ausgesetzt wird, wobei man sorgfältig die entstehenden Geleise ausfüllt und das Profil der Straße erhält. Ist diese Schichte dicht zusammengefahren, so wird eine zweite eingelegt und in gleicher Weise behandelt, bis die Straßendecke eine Dicke von ungefähr 0,3 Meter in der Mitte der Straße erhalten hat.

603. Wo man guten Kies erhalten kann, dient auch dieser zum Baue der Fahrbahn, wozu er gut gesiebt wird und wozu man alle Kiesel, Wacken, die über 6 Centimeter Durchmesser haben, zerschlägt; der Bau geschieht auf dieselbe Weise wie bei zerschlagenen Steinen.

604. Wie bereits gesagt wurde, halten die französischen Ingenieure eine Pflasterunterlage höchstens bei sehr schwerem Fuhrwerke oder bei sehr nachgebendem Boden für nothwendig. Auch geben dieselben der Steindecke weniger Dicke als die englischen Ingenieure aus Telfords Schule, indem sie nicht mehr als 15 bis 20 Centimeter hierzu für nothwendig halten, wenn nur leichtes Fuhrwerk über die Straße geht, und höchstens 25 Centimeter für die schwersten Lasten.

605. Ist der Boden, auf welchen die Fahrbahn kommt, nicht trocken und fest, so wird er in Frankreich durch Walzen mit einer eisernen Walze von ungefähr 0,6 Meter Durchmesser und 1,2 Meter Länge, die man verschiedene Male darüber gehen läßt, zusammengedrückt; das Gewicht der Walze kann man durch angehängte Gewichte von 3000 bis zu 10,000 Kilogramm erhöhen. Auf das so zusammengepreßte und geebnete Bett wird das Straßenmaterial in Schichten von ungefähr 10 Centimeter Dicke gebracht, die man jedesmal mehrmals mit dieser Walze zusammendrückt, ehe eine neue Lage aufgeführt wird. Geschieht das Walzen bei trockenem Wetter, so wird die Beschotterung angenäßt und zuweilen eine dünne Sandschicht von 1 bis 2 Centimeter Dicke auf jede Steinlage gebracht, ehe man anfängt zu walzen, um die Oberfläche gleichmäßiger zu machen. Ist hierdurch die Bahn gehörig fest, so wird sie dem Verkehre geöffnet, wobei man alle entstandenen Geleise mit neuem Material ausfüllt, und die Erhöhungen durch Einstoßen ebnet.

Die französischen Ingenieure legen auf den Gebrauch dieses eisernen Cylinders und auf die sorgfältige jeden Tag vorgenommene Ausbesserung großes Gewicht. Es ist sicher, daß durch dieses Walzen die Fahrbahn auf einmal in einen guten Stand kommt; der Abgang an Material ist kleiner als bei der ältern Methode, wonach die Fahrbahn durch den Gebrauch selbst festgefahren wird; die Unterhaltungskosten sind in den ersten Jahren vermindert; die

Fahrbahn erhält eine gleichförmigere Dicke und diese kann deßhalb etwas kleiner genommen werden, als bei der sonst gebräuchlichen Methode.

606. Unterhaltung der Straßen. Das Beschotterungsmaterial soll hart und dauerhaft seyn. Für die Bodenlagen kann man ein weicheres Material gebrauchen, oder ein Gemenge von harten und weichen Steinen; aber zu der Oberfläche sollte man nur die härtesten Steine gebrauchen, nur sie widerstehen der Wirkung der Räder. Die Steine sollen in eine so viel wie möglich cubische Form gebracht werden und rein von allen sehr kleinen Stückchen seyn. Die zerschlagenen Steine werden in Ablagerungen längs der Straßenlinie für die Unterhaltung der Straße aufbewahrt.

Man kann auf die Reinhaltung der Straße von einer Ansammlung von Schlamm oder Staub nicht zu viele Sorgfalt verwenden. Sie muß fortwährend durch Abziehen des Schlamms und des Staubes rein erhalten werden. Täglich muß man neues Material an allen Stellen einlegen, wo sich Vertiefungen oder Geleise bilden. Einige empfehlen vor dem Einlegen von neuem Material die Oberfläche mit einem Pickel auf 1 bis 2 Centimeter Tiefe aufzuhauen und das neue Material mit einer Handramme einzustoßen, wobei man eine kleine Menge reinen Sand zum bessern Binden der Steine zufügen soll. Wird die Straße nicht täglich durch Leute, deren einziges Geschäft dieses ist, nachgebessert, so müssen allgemeine Verbesserungen in den Monaten October und April vorgenommen werden, bei denen man allen Schlamm abzieht, die Straßenrinnen reinigt und frisches Material einlegt, wo dieß nothwendig ist.

Wird eine Straße nicht alle Zeit von Schlamm und Staub befreit und die Oberfläche eben erhalten, so wird in kurzer Zeit die beste Straße unfahrbar, während mit einer beständigen Nachbesserung auch der schlechteste Weg in einem leidlichen Zustande erhalten werden kann.

607. Querdimensionen der Straßen. Eine Straße von 9 Meter Breite ist für den stärksten Verkehr zwischen zwei Städten breit genug. Eine Weite von 12 oder selbst 18 Meter kann in der Nähe von Städten gegeben werden, bei denen der größere Theil des Transportes auf der Achse geschieht. Für Verbindungsstraßen und andere von geringerer Wichtigkeit kann die Breite nach Umständen vermindert werden. Im äußersten Falle soll die Straße breit genug seyn, um zwei der gewöhnlichen Fuhrwerke dieser Gegend sicher nebeneinander durchzulassen. In allen Fällen muß man festhalten, daß eine unnöthige Breite die Anlagskosten und die Kosten der Unterhaltung erhöht.

Bei sehr breiten Straßen hat man zuweilen nur den mittleren Theil beschottert und die Seiten, den Sommerweg, nur aus dem natürlichen Grunde gebildet. Dadurch wollte man die Hauptbahn vor der Abnutzung durch das leichtere Fuhrwerk während des Sommers bewahren, indem der Sommerweg für dieses eine angenehmere Bahn gibt. Allein sehr wenig ist hierdurch gewonnen; und im Winter hat man eine Menge Schlamm, welcher der Steinbahn sehr nachtheilig ist.

Ein Fußweg von 1,5 bis 1,8 Meter Breite und nur 22 Centimeter höher als die Straßenrinne sollte nicht fehlen. Der Fußweg hat eine Rei=

gung von 5 Centimeter gegen die Straßenrinne, um das Wasser dahin zu leiten. Ist der natürliche Boden fest und sandig oder kiesig, so bildet man aus diesem den Fußweg; im andern Falle hebt man den Boden auf 14 Centimeter aus und füllt ihn mit reinem Kiese auf.

Um die Fußwege gegen den Angriff des in der Straßenrinne befindlichen Wassers zu schützen, wird die Seite desselben gegen die Rinne mit Rasen oder Steinen bekleidet.

Da es die erste Bedingung ist, die Straße trocken zu erhalten, so muß man von ihr Alles entfernen, was die Einwirkung des Windes und der Sonne abhalten könnte. Haag und Hecken an der Straße sollten nicht über 1,5 Meter hoch geduldet werden; Bäume auf den Seitengräben beschatten die Straße und ihre Wurzeln treiben leicht die Straßendecke in die Höhe.

Eisenbahnen.

608. Der große Widerstand, welchen die gewöhnlichen Straßen der Zugkraft entgegensetzen, haben, wo der Verkehr in bedeutenden Lasten geschieht, natürlich dazu geführt, andere Mittel zu versuchen, um eine mehr ebene und dauerhaftere Bahn als die gewöhnliche Straßendecke zu erhalten. Man hat Verschiedenes versucht; man hat Bahnen von langen Steinblöcken hergestellt; man hat starke Balken auf ihrer Oberfläche mit Blech beschlagen; und endlich hat man Beides, Holz und Stein, verlassen und die so wohl bekannten Eisenbahnen (**railways, railroads; chemins de fer**) gebaut.

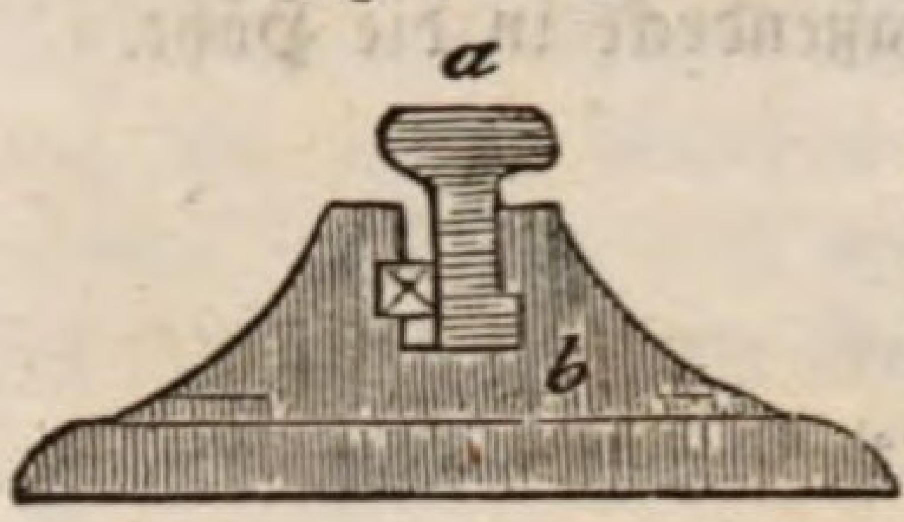
Für diese Verbesserungen, mittels welcher in dem kurzen Zeitraume von weniger als einem Viertel-Jahrhunderte eine vollständige Umwälzung in der Schnelligkeit und der Bedeutung des Landtransportes erreicht wurde, durch welche alle anderen auf die Seite gesetzt zu werden scheinen, ist die civilisirte Welt England dankbar, in dessen Bergwerksdistricten die Eisenbahnen entstanden sind. (Genau genommen hat man zuerst in deutschen Bergwerken Eisenbahnen gebraucht; die großartige Ausbildung, welche jetzt die Eisenbahnen erlangt haben, verdankt man aber allerdings den Engländern.)

609. Eine **Eisenbahn** ist eine Bahn für die Räder eines Fuhrwerks, gebildet aus Eisenstangen, die in zwei parallelen Linien laufen und auf festen Unterlagen ruhen.

610. Schienen (rails). Die zuerst gelegten Eisenbahnen, damals **tramways** genannt, waren aus schmalen Eisenplatten gebildet, die in kurzen Stücken gegossen, außen eine Flansche trugen, um die Räder einwärts, auf

der Bahn zu erhalten. Diese Platten fand man zu schwach, und ersetzte sie deßhalb durch andere, die unterhalb eine verticale Verstärkungsrippe trugen. Diese Rippe hatte durchaus dieselbe Breite, der Länge nach aber die Form einer halben Ellipse im Aufrisse. Diese Form des Tramwegs, obgleich stärker als die erste, genügte gleichwohl nicht, weil sich Schlamm zwischen der Flansche und der Oberfläche der Platte sammelte, welcher der Zugkraft einen bedeutenden Widerstand entgegensetzte. Um dieß zu umgehen, nahm man gußeiserne Barren, die im Aufrisse eine halb elliptische Form hatten, und welchen man den Namen **Kantenschienen** (edgerails) gab. Der Querschnitt dieser Schienen hatte die in Fig. 157 gegebene Form, mit einer schwach convexen Oberfläche, auf welcher das Rad lauft, und die breit genug ist, um den Radreif vor dem Aushöhlen zu bewahren. Die Aenderung in der Form der Schienen rief ebenso eine in der Form der Radreife hervor, welchen man einen Vorsprung an der innern Seite geben mußte, um die Räder auf der Bahn zu erhalten.

Fig. 157. *)

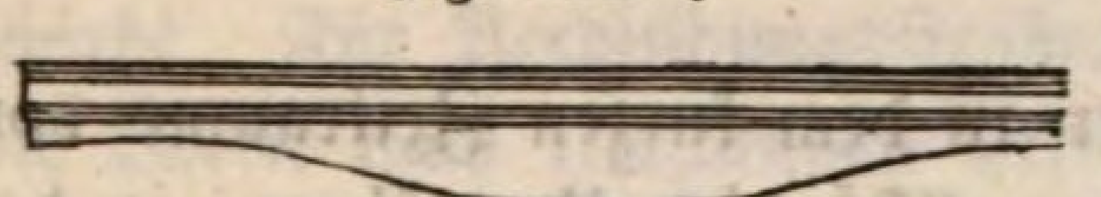


*) Fig. 157 zeigt den Querschnitt a einer Fischbauchschiene der Liverpool-Manchester Bahn, und die Art, wie sie in ihrem Stuhle befestigt ist. Die Schiene hat einen schwachen Vorsprung am Boden, welcher in eine passende Fuge des Stuhls b einpaßt. Ein eiserner Keil e ist auf der entgegengesetzten Seite eingetrieben und hält die Schiene fest.

Die gußeisernen Schienen fand man bei dem Gebrauche manchen Uebelständen unterworfen. Da man die Schienen nur etwa einen Meter lang gießen konnte, so erhielt man eine Unzahl Fugen, welche es äußerst schwierig machten, eine gleichmäßige Oberfläche zu erhalten. Die Schienen brachen leicht, und die Oberfläche der Bahn wurde bald uneben. Diese Unvollkommenheiten brachten endlich dazu, Schmiedeisen statt des Gußeisens anzuwenden.

611. Die zuerst gebrauchten schmiedeisernen Schienen hatten nahe dieselbe Form wie die gußeisernen, beides der Länge und der Breite nach. Sie wurden durch Walzen in diese Form gebracht. Die Länge der Schienen war gewöhnlich 4,5 Meter, die untere Begrenzung war wellenförmig (Fig. 158), so daß die Schiene alle $0^m,9$ einen Stützpunkt erhielt. Diese Form, bekannt als die **Fischbauchschiene** (Fish-belly rail), wurde gewählt, um die größte Stärke mit dem geringsten Materialaufwande zu erreichen. Beim Gebrauche fand man sie mangelhaft. Die Schienen brachen ungefähr 23 Centimeter von den Unterlagen oder im Viertel der Länge zwischen zwei Stützpunkten, und wegen des gekrümmten Bodens kann man sie nicht der ganzen Länge nach unterstützen.

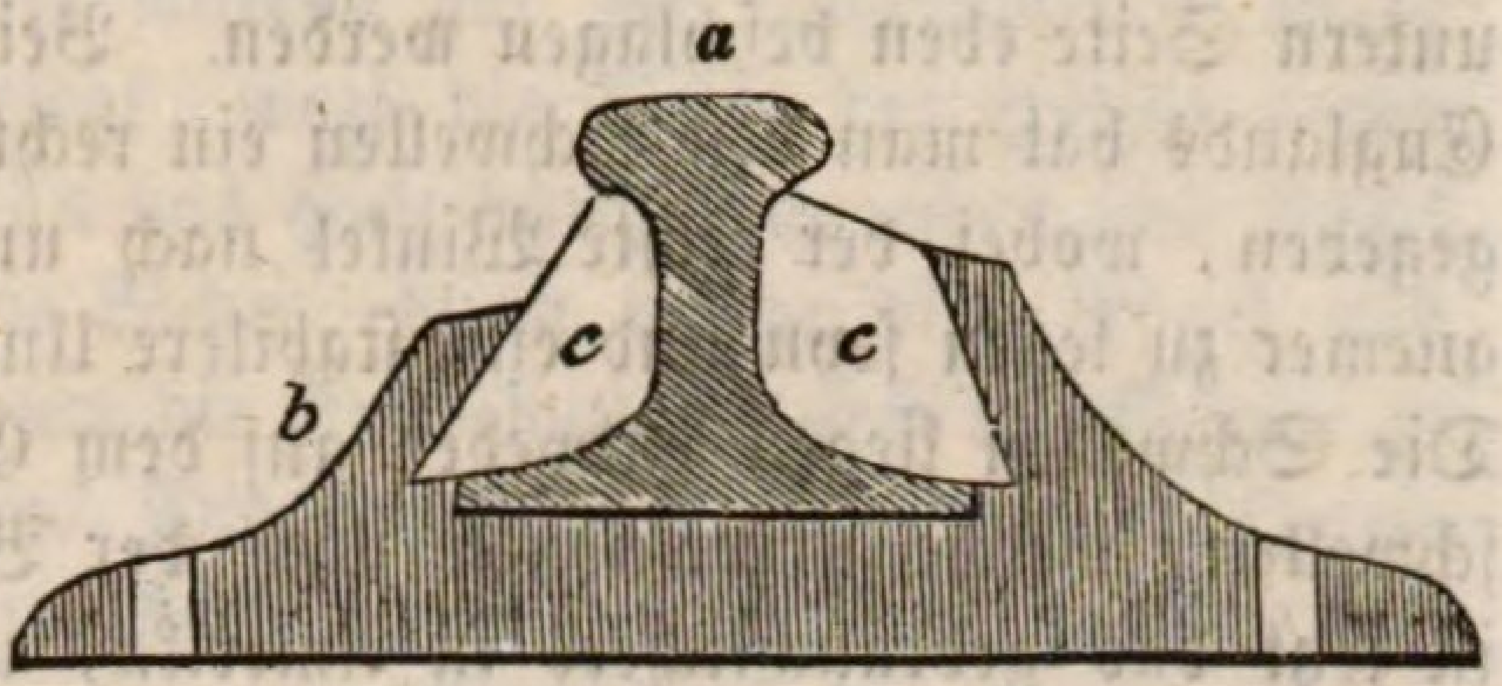
Fig. 158. *)



*) Fig. 158 ist die Seitenansicht eines Stücks einer Fischbauchschiene.

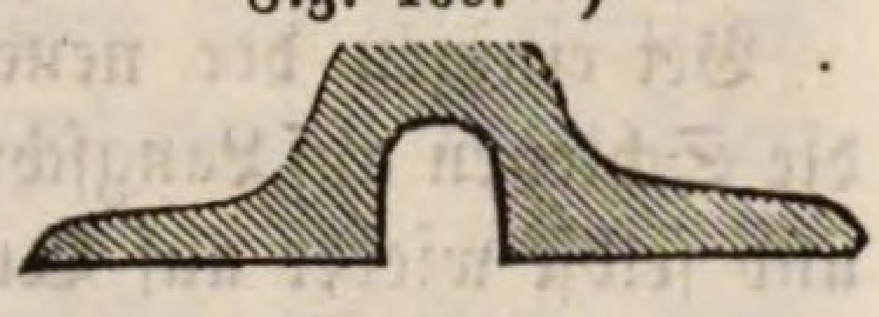
612. Jetzt gebraucht man allgemein die geraden Schienen, deren obere und untere Flächen parallel laufen. Die Querschnitte haben sehr viele Formen erhalten. Die gebräuchlichere Form ist die (Fig. 159) unter dem Namen T Form bekannte, bei welcher der Kopf ähnlich wie bei der Fischbauchschiene gebildet ist, der Boden aber sich ausbreitet, um der Schiene einen festeren Stand in ihrem Stuhle zu geben. In manchen Fällen, wie

Fig. 159.*)



bei den bayerischen Bahnen, sind der obere und der untere Theil der Schiene gleich geformt, um die Schiene wenden zu können. Die größte Abweichung von der gewöhnlichen Form haben die Schienen der Great-Western-Bahn in England (Fig. 160). Diese Form wurde zuerst auch bei der badischen Bahn gebraucht, später wandte man eine der Fig. 159 ähnliche an.

Fig. 160.**)



Die Dimensionen des Querschnittes einer Schiene müssen so seyn, daß die Biegung im Mittelpunkt zwischen zwei Auflagen, die durch die schwerste Last auf dieser Linie hervorgebracht wird, nicht so groß ist, daß daraus ein sehr merklicher Zuwachs des Widerstandes gegen den Zug hervorgehen kann. Die größte Einsenkung soll nach einigen Schriftstellern nicht über $^3/_4$ Millimeter bei der gewöhnlichen Tragweite von 0,9 Meter betragen. Der Kopf ist gewöhnlich ungefähr 6 Centimeter breit und $2^1/_2$ Centimeter hoch. Dieß gibt eine gute Bahn für die Räder und hinreichende Stärke, um den Kopf vor dem Zerdrücken durch die darüber gehenden Räder zu bewahren. Die Breite der Rippe beträgt 19 bis 25 Millimeter und die Höhe der ganzen Schiene 75 bis 127 Millimeter. Die Dicke und Breite der Bodenflansche hat man nach der Größe und Art des Verkehrs abgeändert.

613. Unterlagen. Die Schienen liegen auf Unterlagen von Holz oder Stein. Diese Unterlagen müssen ein festes nicht nachgebendes Bett für die Schienen geben, durch welches bei diesen weder seitwärts noch vertical eine Verschiebung durch den über sie gehenden Druck möglich ist.

Die Ingenieure haben sehr verschiedene Methoden hierbei befolgt. Bei den älteren Bahnen sind meistens schwere Steinblöcke als Unterlagen gebraucht worden; allein bei diesen fand man große Sorgfalt für ihre Befestigung nothwendig und sie waren überdieß dem Zerspalten bei dem Festmachen der Schienen in ihnen ausgesetzt. In den letzten Jahren hat man allgemein Holz dem Steine vorgezogen. Es gibt eine für die Reisenden angenehmere Bahn, und gibt den Schienen mehr Schutz gegen das Seitwärtsgedrücktwerden als Stein.

Gewöhnlich wird das Holz quer gegen die Bahnrichtung gelegt. Jede Unterlage, Querschwelle (sleeper, crosstie), besteht in einem quadratischen Stücke Holz von 15 bis 20 Centimeter Seite. Sie liegen gewöhnlich von Mittel zu Mittel 0,9 Meter auseinander; bei größerer Entfernung müssen die Schienen stärker als gewöhnlich seyn. Sind die Querschwellen

*) Fig. 159. Ein Querschnitt a einer Schiene, wie er allgemein in den Vereinigten Staaten angenommen ist. Die Schiene wird in ihrem Stuhle b durch zwei hölzerne Keile c befestigt, die von hartem zusammengedrücktem Holze bestehen.

**) Fig. 160. Ein Querschnitt einer Brückenschiene der Great-Western-Eisenbahn in England. Diese Schiene liegt der ganzen Länge nach auf einer Unterlage, an welche sie durch Schrauben an jeder Seite befestigt ist. Ein Stück getheerter Filz liegt zwischen der Schiene und ihrer Unterlage.

aus rundem Holze genommen, so müssen sie wenigstens an der obern und untern Seite eben beschlagen werden. Bei einigen der neuern Schienenwege Englands hat man den Schwellen ein rechtwinkliches Dreieck zum Querschnitt gegeben, wobei der rechte Winkel nach unten gekehrt war. Diese sollen bequemer zu legen seyn und eine stabilere Unterlage bilden als die gewöhnlichen. Die Schwellen liegen entweder auf dem Grunde der Straße oder auf Langschwellen, welche unter ihnen nach der Bahnlinie hin liegen. Das letztere ist jetzt das gebräuchlichere in Amerika, und es ist nothwendig, bei neuen Straßendämmen, wo sich die Enden der Querschwellen ungleich setzen.

Bei einigen der neueren Bahnen in England und dem Continente liegen die Schienen auf Langschwellen, welche eine ununterbrochene Unterlage bilden, und selbst wieder auf Querschwellen liegen.

614. Stühle (Chairs; coussinets). Die Schienen werden auf den Unterlagen durch gußeiserne Stühle (Fig. 157 und 159) und schmiedeiserne Nägel oder Schrauben befestigt. Die Stühle sind aus einem Stücke gegossen und bestehen aus einer Bodenplatte und zwei Seitenwänden; auf der ersten ruht die Schiene und zwischen den beiden letzten wird sie durch Keile von Eisen oder Holz befestigt. Die Stühle sind auf den Unterlagen durch eiserne Bolzen oder Holznägel befestigt. Den Stühlen hat man mancherlei Formen gegeben und durch verschiedene Mittel die Schienen in ihnen befestigt. Eiserne Keile schaffen sich los, man hat sie also durch hölzerne ersetzt. Diese sind aus im Ofen getrocknetem Holze angefertigt und durch ein Schneidzeug getrieben, das ihnen die richtige Form gibt und sie zugleich stark zusammendrückt. Der Keil saugt, auf diese Weise bereitet, nach und nach Feuchtigkeit aus der Luft ein, schwillt dadurch auf und bildet so eine sehr feste Verbindung. Gewöhnlich werden auf alle Unterlagen Schienenstühle gestellt; zuweilen gebraucht man sie nur dort, wo zwei Schienen zusammenstoßen. Bei den Zwischenpunkten werden dann die Schienen durch eiserne Nägel mit umgebogenem Kopfe an den Unterlagen befestigt.

Zwischen den Enden der Schienen läßt man einen kleinen Raum für die Ausdehnung der Schienen durch die Wärme. Man hat diesen Fugen verschiedene Formen gegeben; die gebräuchlicheren sind die rechtwinkliche und die schiefe Fuge.

615. Für die Unterlagen bildet man ein Bett aus zerschlagenen Steinen oder reinem, grobem Kiese, welches das Wasser durchläßt, und auf der natürlichen Oberfläche des Dammes oder des Einschnittes liegt, und in England den Namen B a l l a s t erhalten hat. Die Dicke derselben ist von 23 bis 46 Centimeter. Offene oder Steingraben müssen die Wasser der Oberfläche unter dem Ballaste abführen. Die Theile des Ballastes, auf welchen die Unterlagen der Bahn ruhen, werden gut eingestoßen oder gewalzt. Sind die Schienen gelegt, so wird eine neue Schichte von Schotter oder Kies aufgeführt, welcher man eine schwach convexe Oberfläche gibt, und die ungefähr 8 Centimeter unter der Oberfläche der Schienen bleibt.

616. Schienenwege von Holz und Eisen für kurze Zeit. Bei der ersten Einführung von Schienenwegen in den Vereinigten Staaten wurden die Bahn aus Flacheisen gebildet, das man auf Langschwellen legte. Die

Eisenstäbe waren ungefähr 6 Centimeter breit und 13 bis 18 Millimeter dick; die obere Fläche schwach convex. Sie wurden auf die Langschwellen etwas rückwärts von der innern Kante gelegt, wozu die Seite des Holzes gegen oben abgeschrägt war, und wurden an das Holz durch Schrauben und Nägel mit versenkten Köpfen befestigt. Die Löcher, durch welche diese Nägel und Schrauben gingen, waren elliptisch, um die Ausdehnung durch die Wärme zu gestatten, ohne die Nägel loszureißen. Die Langhölzer wurden durch Querschwellen getragen, mit denen sie durch Verkämmen und Schraubenbolzen verbunden waren. Die Langhölzer waren gewöhnlich 15 Centimeter breit und 23 hoch und so lang als möglich. Die Fugen zwischen den Eisenschienen waren entweder rechtwinklig oder schief und durch ein unterlegtes Stück Eisen oder Zink gegen das Eindrücken in das Holz gesichert.

Zuweilen wurden die Eisenstangen auf lange Steinblöcke befestigt; diese Methode hat man jedoch bald wieder verlassen, da der Stein sehr bald unter der Wirkung der Räder zertrümmerte und die Starrheit des Steins das Reisen auf diesen Bahnen sehr unangenehm machte.

Dieses Schienensystem, dessen empfehlenswerthe Seite seine Wohlfeilheit ist, ist nach und nach den festeren Schienen gewichen. Außer dem Mangel der Dauer dieses Baues hat derselbe nicht die für schwere Züge erforderliche Stärke.

617. Spurweite (gauge). Die Entfernung zwischen den beiden Mittellinien der beiden Schienenreihen, welche man Spurweite nennt, beträgt bei den meisten Eisenbahnen in Europa und in Amerika 4 Fuß $8^1/_2$ Zoll englisch, oder 1,435 Meter. Diese Spurweite ist wie es scheint zufällig gewählt worden, und ist in den meisten Fällen später angenommen worden, weil verschiedene Spurweiten auf verschiedenen Linien große Uebelstände darbieten. Die größte Abweichung von der gewöhnlichen Spurweite findet man bei der Great-Western-Bahn, wo sie 2,134 Meter beträgt. Die Ingenieure sind allgemein einverstanden, daß eine größere Spurweite wünschenswerth sey, weil mit ihr die Räder der Eisenbahnwagen einen größeren Durchmesser erhalten und an die Außenseite der Wagen gestellt werden können, während sie jetzt unter diesen stehen. Dabei kommt noch der Schwerpunkt der Last tiefer zu liegen, wodurch größere Schnelligkeit bei größerer Sicherheit erreicht werden kann.

Bei einem doppelten Geleise läßt man zwischen beiden gewöhnlich die Entfernung der Spurweite; und die Entfernung von den äußeren Rädern bis zu den Seiten des Einschnittes oder Bahndammes wird selten größer als 1,8 Meter genommen.

618. Bei allen geraden Theilen des Bahnzuges sollen die Unterlagen quer über die Bahn in einer horizontalen Ebene und parallel zu der Zuglinie der Länge nach liegen; die obere Fläche der Schienen soll einwärts geneigt seyn, conform mit der conischen Fläche der Radkränze; dieß wird jetzt gewöhnlich dadurch erreicht, daß man den Stühlen die erforderliche Neigung gibt, oder indem man den Kopf der Schiene mit der erforderlichen Abschrägung anfertigt.

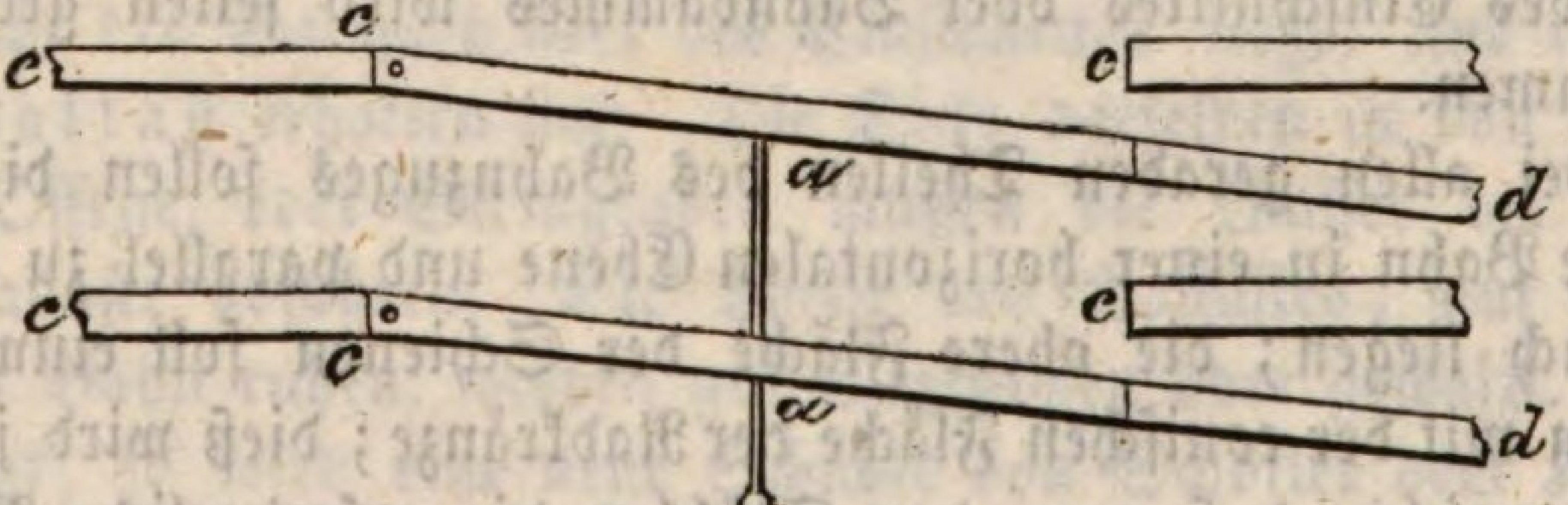
619. Bogen. In den Bogen der Bahnlinie treibt die Centrifugalkraft den Wagen gegen die äußere Schiene des Bogens. Dieser Wirkung widerstrebt bis zu einem gewissen Grade die conische Form der Räder, durch welche

die Räder sobald sie in eine Curve eintreten, auf verschiedenen Durchmessern laufen, was den Wagen einwärts neigt. Innerhalb gewisser Grenzen der Krümmungshalbmesser ist diese Neigung hinreichend, um durch sie der auswärtstreibenden Centrifugalkraft entgegenzuwirken. Mit den Rädern wie sie jetzt der Form und dem Durchmesser nach gebraucht werden, der gewöhnlichen Spurweite und dem gebräuchlichen Spielraum zwischen dem Radkranz und der Schiene, und der Geschwindigkeit mit der man jetzt fährt, ist der kleinste Krümmungshalbmesser, bei dem nicht zu befürchten ist, daß der Vorsprung des Radreifes mit der Seite der Schiene in Berührung komme, ungefähr 180 Meter. Um ganz sicher zu gehen, sollte der Halbmesser nicht weniger als 300 Meter seyn, wenn die äußere und die innere Schiene gleich hoch liegen. Um bei Curven von einem kleineren Halbmesser als 300 Meter der Berührung der Flansche des Rades mit der Seite der Schiene und damit dem Hinauswerfen des Wagens vorzubeugen, legt man die äußere Schiene höher als die innere, so daß diese Neigung des Wagens nebst der von dem Laufen auf verschiedenen Durchmessern, zusammen der Centrifugalkraft Widerstand leisten. Hiernach kann man leicht berechnen, bei welcher Höhe der äußeren Schiene Gleichgewicht eintritt; in der Regel befolgt man aber die Regel, die Wirkung der conischen Form der Räder ganz zu vernachläßigen und die Erhöhung der äußeren Schienen so groß zu nehmen, daß hierdurch allein die Wirkung der Centrifugalkraft bei der größten Geschwindigkeit aufgehoben wird.

620. Ausweichplätze 2c. Bei einfachen Geleisen werden von Strecke zu Strecke kurze Seitenbahnen angebracht, mit deren Hilfe zwei sich begegnende Wagenzüge nebeneinander vorbeikommen können, indem der eine Zug in diese Seitenbahn fährt und dort hält, bis der andere auf der Hauptlinie vorbei ist. Bei Bahnen mit doppelten Geleisen werden ebenso von Strecke zu Strecke Verbindungen hergestellt, welche einem Zug erlauben, von einem Geleise auf das andere überzugehen. Die Lage der Ausweichplätze und ihre Länge hängen ganz von örtlichen Umständen ab, von der Länge der Wagenzüge, der Zahl der täglichen Fahrten und dergl.

Die allgemein angenommene Art die Hauptlinie mit einer Seitenlinie oder einem zweiten Geleise zu verbinden, ist sehr einfach. Man läßt dazu zwei kurze Stücke (Fig. 161) der nebeneinander liegenden Schienen der Hauptlinie um ihr eines Ende beweglich, so daß sie aus dieser Linie in die Linie

Fig. 161. *)



*) Fig. 161 zeigt die beweglichen Schienen, durch welche die Hauptlinie mit der Seitenbahn verbunden wird.

a, a Schienen, welche durch die eiserne Stange b verbunden sind, mit welcher sie um die Punkte o, o gedreht werden können.

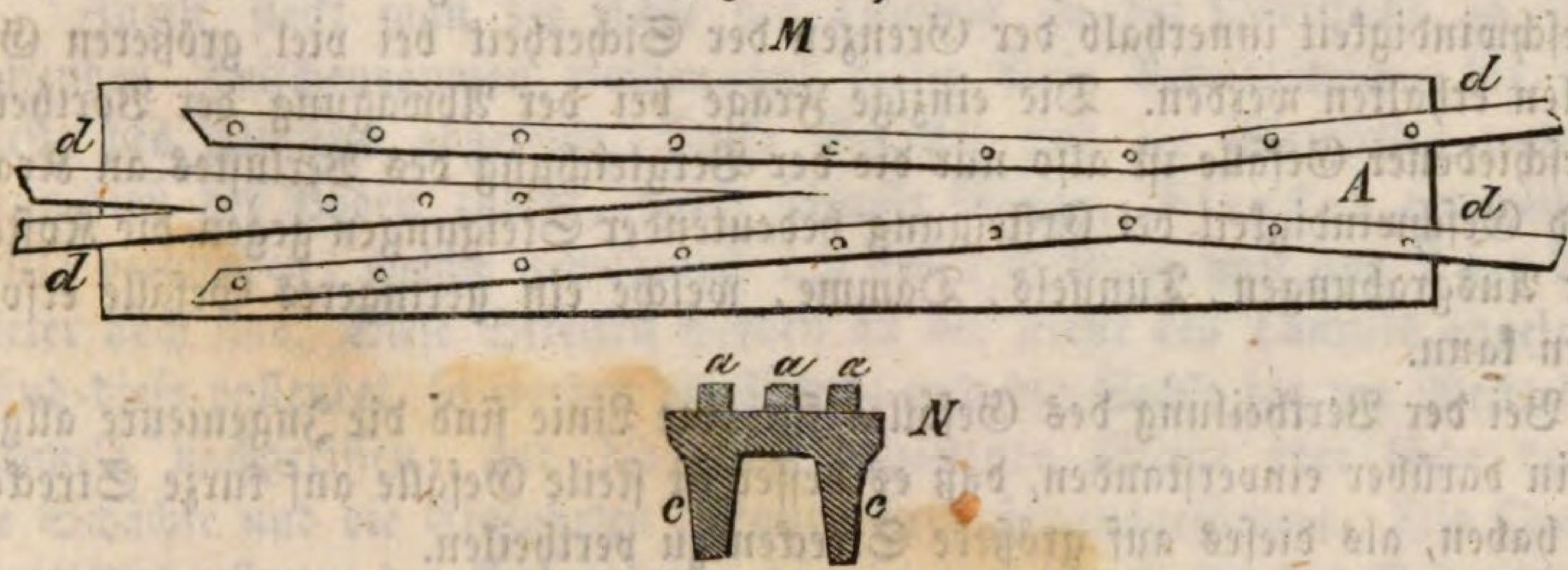
c, c Schienen der Hauptbahn.

d, d Schienen der Ausweichung.

der Seitenbahn gebracht werden können, wenn ein Wagenzug von der Hauptbahn auf diese kommen soll. Die Bewegung geschieht mittelst eines langen Bolzens, der quer durch die Schienen geht und mit ihnen verbunden ist, und an dessen Ende ein verticaler Hebel angebracht ist, welcher diesen Bolzen vor- oder zurückschieben kann.

An dem Punkte der Durchkreuzung der Schienen beider Bahnen liegt eine gußeiserne Platte, Durchkreuzungsplatte (crossing-plate) (Fig. 162). Die Oberfläche dieser Platte hat entweder Gruben in der Richtung der Schienen, in welche die Flanschen eintreten, wenn die Räder über die Platte laufen; oder es sind schmiedeiserne Barren zu dem gleichen Zwecke auf die Platte befestigt.

Fig. 162. *)



*) Fig. 162. M ein Grundriß und N ein Querschnitt einer unbeweglichen Durchkreuzungsplatte. Die Platte A ist von Gußeisen mit verticalen Rippen c, c am Boden, durch welche sie die erforderliche Stärke erhält Auf ihr sind durch Schrauben schmiedeiserne Barren a, a in der Richtung der sich durchschneidenden Schienen d, d befestigt; zwischen ihnen und den Schienen läßt man einen hinreichenden Spielraum für die Flanschen der Räder.

Der Winkel zwischen den Schienen und den Ausweichstücken soll nicht größer als 2 bis 3 Grad seyn. Die Schienen welche die geradlinigen Stücke der Bahn verbinden, bilden ein langgezogenes S, so daß der Uebergang nach und nach vermittelt wird.

621. Drehscheiben (turn-plates; plaques tournantes). Durchschneidet eine Bahnlinie eine andere unter einem großen Winkel, so muß man statt der genannten Verbindungsmittel eine Drehscheibe anwenden. Diese besteht in einer starken Platte von Holz oder Gußeisen, die um ihren Mittelpunkt mit Hilfe von conischen Rollen, die auf einer eisernen Bahn laufen, drehbar ist. Auf ihr liegen zwei Schienen, auf welche man den Wagen, der von einer Bahn auf die andere soll, schiebt, worauf man die Scheibe dreht, bis diese Schienen in die zweite Bahnlinie fallen.

622. Straßenübergänge. Durchschneidet eine Bahnlinie eine gewöhnliche Straße in gleicher Höhe, so wird die Schiene auf beiden Seiten durch gußeiserne Platten geschützt werden, wobei hinreichender Spielraum für die Flanschen der Räder gelassen wird. Diese Platten werden in gleiche Höhe mit dem Kopf der Schiene gelegt. Wo es ausführbar ist, soll man eine Rinne neben anbringen, um den Schlamm und Staub von dem Zwischenraum abzuhalten, in welchem das Rad laufen muß.

623. Steigungen. Nach vielfältigen Versuchen über die Reibung auf

Eisenbahnen scheint der Ruhewinkel ungefähr $^1/_{250}$ zu seyn, daß aber bei viel steileren Steigungen die Beschleunigung durch die Schwerkraft sehr bald durch den vergrößerten Luftwiderstand aufgehoben und deßhalb die Geschwindigkeit des herabgehenden Zugs bald gleichförmig wird.

Die so erreichte Grenze der Geschwindigkeit auf fallenden Strecken läßt sich für einen Bahnzug, der durch die Schwerkraft allein, oder durch diese und durch die Kraft einer Maschine zugleich bewegt wird, leicht bestimmen für jede Belastung.

Aus dieser Berechnung wie aus Versuchen ergibt sich, daß schwere Züge bei Gefällen von einem Procent nur 18 bis 22 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde (40 bis 50 englische Meilen in einer Stunde) erreichen, wenn man sie frei laufen läßt, ohne zu bremsen. Bei Anwendung der Bremse kann die Geschwindigkeit innerhalb der Grenzen der Sicherheit bei viel größeren Gefällen erhalten werden. Die einzige Frage bei der Abwägung der Vortheile verschiedener Gefälle ist also nur die der Vergleichung des Verlustes an Kraft und Geschwindigkeit bei Ersteigung bedeutender Steigungen gegen die Kosten der Ausgrabungen, Tunnels, Dämme, welche ein geringeres Gefälle erfordern kann.

Bei der Vertheilung des Gefälles für eine Linie sind die Ingenieure allgemein darüber einverstanden, daß es besser ist steile Gefälle auf kurze Strecken zu haben, als dieses auf größere Strecken zu vertheilen.

624. Bei steilen Gefällen, wo man die Locomotive nicht gebrauchen kann, werden feststehende Maschinen zum Aufwinden oder Herablassen der Züge angewendet, welche an Seile mit einem passenden Mechanismus angehängt werden. Diese geneigten Ebenen erhalten gewöhnlich ein gleiches Gefälle durchaus. Oben und unten muß die Bahn horizontal seyn, um den Zug dort halten zu lassen. Die Richtung dieser horizontalen Stücke sollte mit der Richtung des Bahnstückes auf der schiefen Ebene in eine Verticalebene fallen.

Das Seil an dem der Zug aufwärts gezogen wird, geht über mehrere kleine Rollen, die in passenden Entfernungen befestigt sind.

Seit einigen Jahren werden in den Vereinigten Staaten Bänder aus gewalztem Bandeisen statt der Seile bei einigen schiefen Ebenen gebraucht, wozu sie besser gefunden wurden, da sie gut arbeiten, dauerhafter und weniger kostspielig sind als Seile.

625. Tunnel. Der große Aufwand an Kraft, und die Nothwendigkeit b m Ersteigen einer sehr geneigten Bahn eine Nebenkraft zu benützen oder die Belastung der Locomotive zu vermindern, haben die Ingenieure veranlaßt, um leidliche Steigungen zu erhalten, oft ungeheure Dämme oder Einschnitte auszuführen. Die Kosten dieser Arbeiten sind oft so groß, daß man es in manchen Fällen vortheilhafter gefunden hat, die Bahn unterirdisch zu führen, durch einen Stollen, der nach dem Vorgange der Engländer allgemein Tunnel heißt.

Die Wahl zwischen einem tiefen Einschnitte und einem Tunnel hängt von den relativen Kosten und der Art des Bodens ab. Sind die Kosten von beiden nahezu gleich, und die Wände des Einschnittes lassen keine Schlipfe befürchten, so ist der Einschnitt in der Regel vortheilhafter als der Tunnel. Es hängt

hängt aber so viel von localen Umständen ab, daß die Vergleichung der Vortheile beider Arbeiten nur nach genauer Kenntniß dieser Umstände geschehen kann. Wo irgend eine Wahl der Localität gestattet ist, muß die Natur des Bodens, die Länge des Tunnels, die Tiefe der Einschnitte der Einfahrten, die Tiefe der Luft- und Arbeitsschächte genau geprüft seyn, ehe man sich für die eine oder die andere der Localitäten entscheidet. In manchen Fällen kann man finden, daß ein längerer Tunnel mit weniger tiefen Einschnitten vortheilhafter sey als ein kürzerer tiefer liegender. In andern Fällen kann die größere Tiefe der Arbeitsschächte durch einen besser stehenden Grund oder einen kürzeren Tunnel mehr als compensirt seyn.

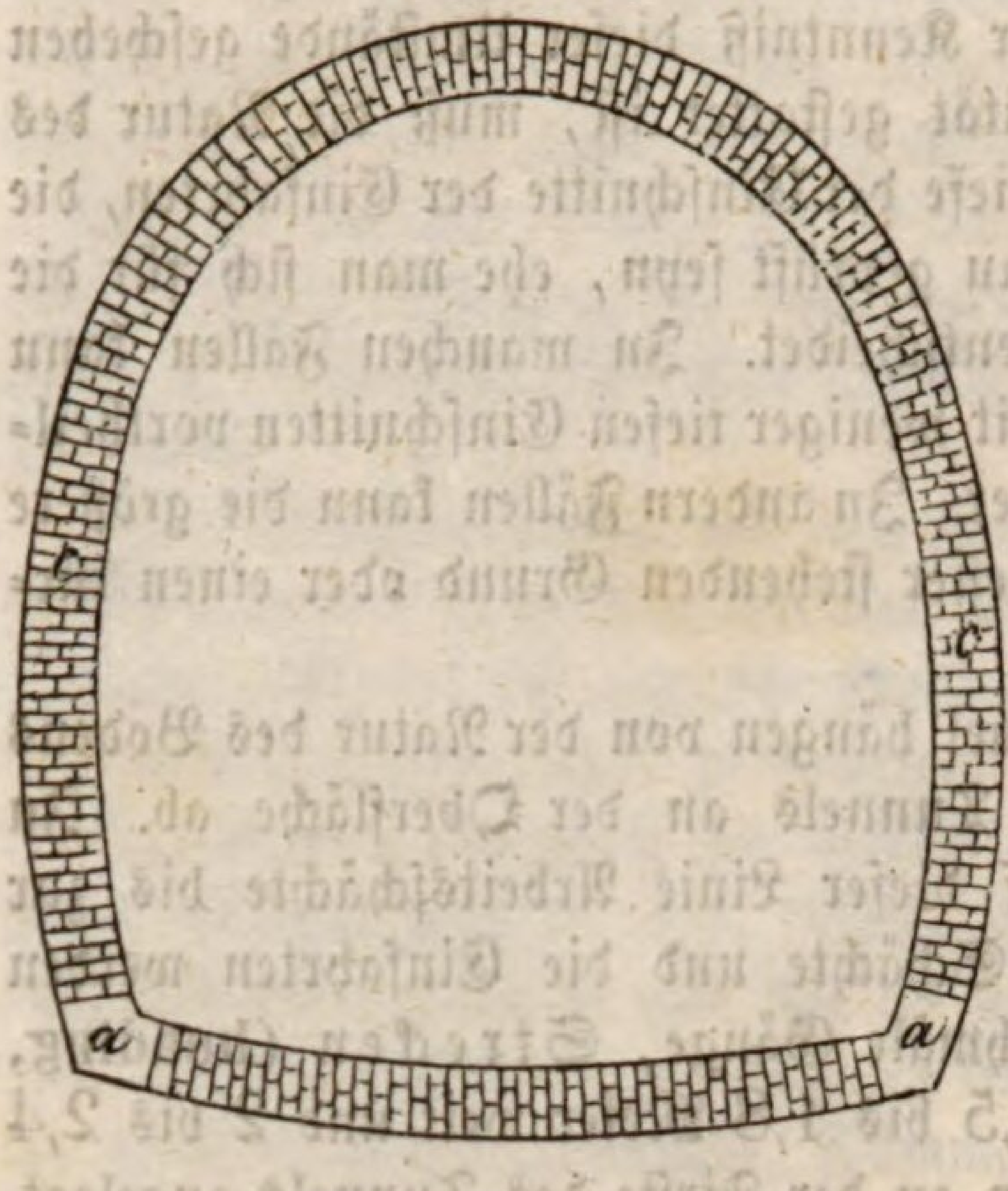
626. Die Arbeiten bei einem Tunnel hängen von der Natur des Bodens ab. Zuerst steckt man die Achse des Tunnels an der Oberfläche ab. In passenden Zwischenräumen werden auf dieser Linie Arbeitsschächte bis zur Firste des Tunnels abgeteuft. Diese Schächte und die Einfahrten werden wenn dieß der Boden zuläßt, durch schmäle Gänge, Strecken (**heading, drift**) verbunden, welche gewöhnlich 1,5 bis 1,8 Meter weit und 2 bis 2,4 Meter hoch sind. Diese Strecken werden an der Firste des Tunnels angelegt. Sind diese vollendet, so werden die Wände und die Sohle bis zur Weite des Tunnels nachgerissen, und die dabei erhaltenen Steine oder Erde durch die Schächte und die Einfahrten (Mundlöcher) hinausgefördert. Die Querschnittsdimensionen der Ausgrabung hängen von der Natur des Bodens und dem Zwecke des Tunnels ab. In dichten Felsen werden die Seitenwände gewöhnlich vertical; die Firste erhält eine Bogenform und die Sohle wird horizontal. Muß der Boden durch ein Gewölbe gestützt werden, so muß sich die Ausgrabung der Form dieses Bogens so viel wie möglich nähern.

In ungeschichteten Felsen können die Seitenwände und die Decke unbesorgt ohne Bekleidung bleiben; aber bei geschichteten Felsen ist Gefahr, daß sich einzelne Blöcke loslösen und herabfallen; wo dieß zu befürchten ist, muß man die Firste durch einen gemauerten Bogen sichern.

In loosem Boden, im schwimmenden Gebirge wie die Bergleute sagen, einen Tunnel anlegen, gehört zu den schwierigsten und gefährlichsten Arbeiten des Bergmannes. Sorgfältig muß man die Seiten des Baues durch rauhes Zimmerwerk, hinter welches Bohlen getrieben werden, vor dem Einsturze bewahren. Wenn in solchen Fällen die Strecken nicht durch die ganze Linie des Tunnels ausgedehnt werden können, so wird die Höhlung nur auf wenige Fuße in jeder Richtung von dem Arbeitsschachte ausgedehnt und zu der gehörigen Weite und Tiefe, um die Mauerung aufzunehmen, erweitert, worauf dieses Stück sogleich in Mauerung gesetzt wird, mit der man fortfährt wie die Strecken weiter vorankommen.

627. Mauerung der Tunnel. Der Querschnitt des Bogens eines Tunnels (Fig. 163) ist gewöhnlich ein ovales Segment aus Kreisbögen für die Seiten und die Firste, welche auf einem umgekehrten Bogen als Sohle ruhen. Die Tunnels einiger der neueren Schienenwege Englands sind 7,3 bis 9,1 Meter weit und von derselben Höhe von der Ebene der Schienen bis zum Scheitel. Die gewöhnliche Dicke des Bogens ist 0,45 Meter. Backsteine in hydraulischem Mörtel sind das gewöhnliche Material;

Fig. 163. *)



zu der Kante wo die Seiten mit der Sohle zusammentreffen, werden eigens geformte Backsteine verwendet. Die Mauerung wird in kurzen Strecken aufgeführt, von 6 Meter Länge ungefähr, was übrigens von den Vorsichtsmaßregeln, die man zur Sicherung der Seitenwände treffen muß, abhängt. Wie die Seitenwände der Mauerung heraufkommen, wird das Holzwerk das die Erde hinter derselben stützt, weggenommen, und der Raum hinter der Mauer mit Erde nachgefüllt und gut eingerammt. Dieses muß sehr sorgfältig rings um die Mauerung geschehen, um diese gegen plötzliches Rutschen der Erde zu sichern.

*) Fig. 163. Die allgemeine Form des Querschnittes der Backsteinbogen für Tunnel. a, a Backsteine, welche die Bogen der Seiten mit dem verkehrten Bogen der Sohle verbinden.

628. Das Zimmerwerk des Lehrgerüstes muß so angeordnet werden, daß es mit Leichtigkeit weggenommen und wieder aufgeschlagen werden kann. Die Verbindung, welche man wählt, muß der Größe des Bogens und der Nothwendigkeit, die Seitenwände wie die Firste zu unterstützen, entsprechen.

629. Die Erde an den Enden des Tunnels wird durch eine Stützmauer getragen. Um die Stirnen der Bogen gegen den Erddruck von oben zu sichern, werden gußeiserne Platten von derselben Form und Höhe wie der Firstbogen in kurzer Entfernung hinter den Stirnen eingemauert und mit der rückwärtsliegenden Mauerung gut verankert.

630. Die Arbeitsschächte, welche gewöhnlich cylindrisch mit Backsteinen ausgekleidet werden, ruhen auf starken gußeisernen Bögen, die in die Mauerung eingelassen sind. Ihr Durchmesser ist gewöhnlich 2,7 Meter im Lichten.

Für die Luftcirculation werden zuweilen kleinere Schächte, von 1 Meter Durchmesser, zwischen den Arbeitsschächten erfordert. Sie heißen L u f t s c h ä c h t e, L i c h t l ö c h e r.

631. Die gewöhnlichen Schwierigkeiten des Baus eines Tunnels werden durch das Zudringen von Wasser sehr erhöht. Man muß oft zu Pumpen seine Zuflucht nehmen, um die Arbeitsschächte und die von diesen ausgehenden Strecken von Wasser frei zu erhalten, bis die Strecke selbst dem Wasser einen Ausweg gestattet, wozu man dann an der Sohle einen Graben nachreißt. Zuweilen kann man die Wasser durch einen Seitenstollen ableiten.

In einem Tunnel für eine Eisenbahn legt man nach der Achse unter dem Ballaste auf den umgekehrten Bogen der Sohle einen Wasserableitungsgraben an.

Kanäle.

632. **Kanäle (canals; canaux)** sind künstliche Wasserleitungen für die Schifffahrt im Lande, für die Versorgung der Städte mit Wasser, für die Trockenlegung, für Bewässerung ꝛc.

633. **Schiffbare Kanäle** werden in zwei Klassen getheilt; 1) Kanäle, welche auf ihre ganze Länge in gleicher Höhe liegen, wie die in nieder liegenden Gegenden; 2) Kanäle, welche zwei Punkte von verschiedener Höhe verbinden. Diese Art der Kanäle findet man in hügeligem Lande, wo man die ganze Strecke in verschiedene von gleicher Höhe eintheilen muß, welche dann durch künstliche Mittel miteinander verbunden werden. Liegen die zu verbindenden Punkte auf beiden Seiten einer Terrainerhebung, so heißt der höchste Punkt, welchen der Kanal erreicht, der Theilungspunkt (**summit level; point de partage**).

634. Erste Klasse. Die Bestimmung der Achse eines Kanals in einer Ebene ist sehr einfach; es geschieht auf dieselbe Weise wie bei den Straßen. Diese Achse soll gerade gehen; muß man die Linie brechen, so müssen die beiden Richtungen durch einen Bogen verbunden werden, der groß genug ist um den Durchgang der Boote mit unverminderter Geschwindigkeit zu gestatten.

Der Querschnitt dieser Kanäle (Fig. 164) gibt gewöhnlich dem Wasserwege eine Trapezform, mit einem Damme auf jeder Seite, welcher über das

Fig. 164.*)



*) Fig. 164. Querschnitt eines horizontalen Kanals.
A Wasserweg.
B Leinpfad.
C Berme, Vorsprung.
D Seitengraben.
E Füllung von Thon und Sand.

Terrain hervorsteht und von der Ausgrabung für den Wasserweg genommen wird. Der Wasserspiegel ist gewöhnlich über der natürlichen Bodenhöhe, weßhalb man dem Damme hinreichende Dicke geben muß, um dem Durchsickern des Wassers und dem Wasserdrucke zu widerstehen. Diese Anordnung ist sparsam, weil man die Erdarbeit so einrichten kann, daß der ganze Abtrag zu

dem Damme verwendet wird; allein sie setzt die Umgebung bei Dammbrüchen Ueberschwemmungen aus.

Die Verhältnisse des Querschnitts können mit den Modificationen, welche der einzelne Fall erfordert, wie folgt festgestellt werden.

Die Breite des Wasserwegs am Boden soll wenigstens zweimal so groß seyn als die Breite der Boote, welche den Kanal befahren, so daß zwei Boote sich ausweichen können.

Die Tiefe des Wasserwegs soll wenigstens 0,45 Meter größer seyn als die Wassertracht der Boote, um deren Gang zu erleichtern, was besonders nothwendig ist, wenn Wasserpflanzen am Boden wachsen. Die Seiten sollen in dichtem Grunde wenigstens eine anderthalbfüßige Böschung erhalten; in schlechterem Grunde muß diese größer seyn.

Die obere Dicke des Dammes wird selten nach dem Wasserdrucke bestimmt, der unbedeutend ist; man sucht vielmehr durch die Dicke des Dammes dem Durchsickern des Wassers entgegenzuwirken, das, wenn es begonnen, sehr bald den Ruin des Dammes herbeiführt. Eine Breite von 1,2 bis 1,8 Meter oben, mit der gehörigen Böschung bis zur Wasserfläche, wird in den meisten Fällen hinreichend seyn. Ein Weg für die Pferde, welche die Boote ziehen, Ziehweg oder Leinpfad (**tow-path; chemin de halage**) auf dem einen, und ein Fußweg, der ausnahmsweise als Leinpfad dienen kann, geben den Dämmen einen Ueberfluß an Stärke.

Der Leinpfad soll 3 bis 3,7 Meter breit seyn, damit die Pferde gut nebeneinander durch können; der Fußweg soll wenigstens 1,8 Meter breit seyn. Diese Wege sollen nicht unter 0,6 Meter über dem Wasserspiegel liegen, um das Auswaschen durch den Wellenschlag zu vermeiden; ihre Höhe über dem Wasserspiegel darf nicht über 1,4 Meter steigen, um den Pferden das Ziehen nicht zu sehr zu erschweren. Die Oberfläche des Leinpfades soll schwach auswärts geneigt seyn, um den Pferden die auswärts ziehen, mehr Halt zu geben und das Regenwasser abzuleiten.

Die Seitenböschungen des Dammes ändern sich mit der Natur des Grundes; gegen den Wasserweg hin wird die Böschung selten kleiner als zweifüßig (2 Basis, 1 Höhe) seyn dürfen; auswärts kann man sie kleiner nehmen. Die innere Seitenwand hat gewöhnlich einen Absatz, eine Bank, Berme, von 0,3 bis 0,6 Breite und ungefähr 0,3 Meter über dem Wasserspiegel zwischen der Böschung des Wasserwegs und dem Fuße des Dammes. Diese Bank dient zum Schutze des oberen Theiles der innern Böschung und wird zuweilen mit solchen Büschen bepflanzt, welche an wasserreichen Orten üppig wachsen, und welche durch ihre Wurzeln dem Damme mehr Festigkeit geben. Die Seitenböschungen sind besser durch eine Bekleidung mit trockenen Steinen beschützt. Auch Binsenpflanzen hat man zweckmäßig hierzu verwendet; sind sie am Fuße der Böschung gepflanzt, so brechen sie die Wellen und schützen so die Wand gegen Wellenschlag.

Die Erde des Dammes soll gut bindend seyn, frei von vegetabilischer Erde und allen Pflanzentheilen, wie Wurzeln und dergl. Beim Dämmen muß die vegetabilische Erde sorgfältig von der Oberfläche abgehoben werden, und der Damm in Schichten von 0,25 bis 0,3 Meter Dicke aufgetragen und jedesmal

gut eingestampft werden. Wenn die Art der Erde nicht genügende Sicherheit gegen das Durchsickern des Wassers gibt, so wird in das Innere des Dammes eine Füllung von Letten oder feinem Sande von 0,6 bis 0,9 Meter Dicke gebracht, welche 0,3 Meter unter die natürliche Oberfläche hinabreicht. Sand wird auch zum Verstopfen der Löcher gebraucht, welche in der Nähe des Wassers von Insekten, Mäusen und Ratten gemacht werden.

Nach außen bringt man auf jeder Seite des Kanals Gräben an um die Dämme trocken zu halten.

635. Zweite Klasse. Hier sind zu unterscheiden die Kanäle welche ihrer ganzen Länge nach in einem Thale liegen und die, welche einen Theilungspunkt haben.

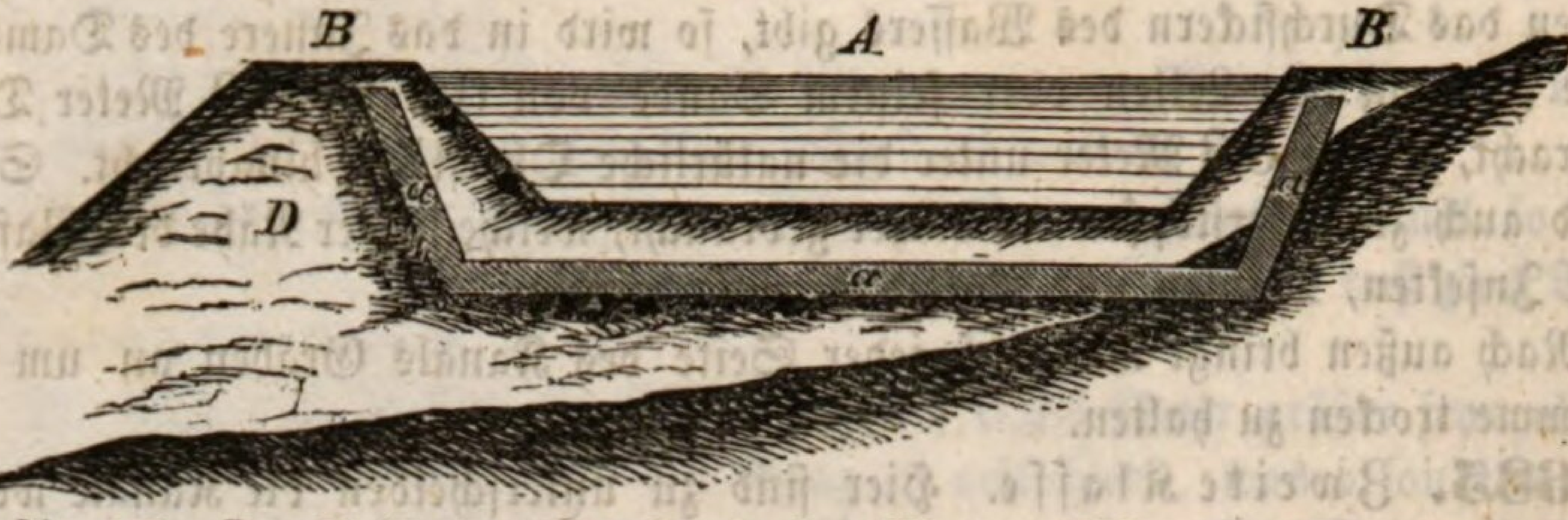
Lage. Beim Ausstecken eines Kanals in einem Thale soll die Richtungslinie so gerade als möglich seyn. Wegen der verschiedenen Höhe werden übrigens die Richtungslinien, weil der Kanal an einen der Thalabhänge zu liegen kommt, nahe mit den Horizontallinien an der natürlichen Oberfläche zusammenfallen, in welchen diese von der Ebene der Wasserfläche geschnitten wird; die Abweichungen von dieser Linie ergeben sich durch die Betrachtung der Einschntte und Auffüllungen und die Vortheile, die die einen über die andern durch Verminderung des Wasserverlustes und die Wohlfeilheit des Baues darbieten.

Bei der Wahl des Abhanges, an welchem der Kanal hingeführt werden soll, wird der Ingenieur durch die Vergleichung der Kosten geleitet, welche von der Größe der Erdarbeiten, der Mauerung für Dohlen, Stützmauern und dergl. und der wasserhaltenden Art der Erde abhängen. Sind alle andern Umstände gleich, so ist die Seite die vortheilhafteste, auf welcher die wenigsten Seitenbäche vorkommen. Es kann aber nothwendig seyn den Kanal mit dem Wasser dieser Seitenbäche zu speisen; in diesem Falle muß man den Kanal auf die Seite dieser Zuflüsse bringen.

Beim Uebergang über ein Seitenthal wird der Ingenieur wie bei jeder Verbindungslinie überlegen, ob es besser sey der natürlichen Oberfläche zu folgen oder einen Damm oder eine Brücke über das Thal zu bauen.

636. Querschnitt. Die Wände bei Ausgrabungen und bei Auffüllungen, besonders bei den letzten, erfordern viele Sorgfalt, weil jede Kluft, welche gleich von Anfang oder erst später durch Setzen entsteht, den Bau zerstören kann. Meistens genügt eine Schichte von guter bindender Erde von ungefähr 1,2 Meter Dicke, welche den Wasserweg überall umgibt und gut eingestampft ist; sie verlangt einen festen Untergrund, der sich nicht mehr setzt. Um Löcher in Kanälen zu verstopfen, hat man mit Erfolg feinen Sand angewendet. Der Sand wird hierzu in kleinen Quantitäten auf einmal auf das Wasser gestreut, wo er dann nach und nach die Auslässe am Boden und den Seiten ausfüllt. Aber weder dieses Mittel noch die aufgestampfte Erde hat überall vollständigen Erfolg gehabt, besonders dann nicht, wenn der Untergrund aus Felsstücken besteht, welche große Fugen zu Durchlässen darbieten, oder wenn er von mergeliger Natur ist. In solchen Fällen muß man den Kanal mit Steinen in hydraulischem Mörtel auskleiden. Eine solche Bekleidung (Fig. 165) wird sowohl am Boden als an den Seitenwänden aus flachen Steinen, ungefähr

Fig. 165.*)



*) Fig. 165. Querschnitt eines Kanals mit einer Mauerauskleidung.
A Wasserweg.
B Leinpfade.
D Damm.
a Mauerbekleidung.

0,1 Meter dick, gebildet, welche man auf ein Bett von hydraulischem Mörtel von 2 bis 3 Centimeter Dicke legt, und mit einer gleichen Schichte bedeckt, so daß die ganze Dicke der Bekleidung ungefähr 15 Centimeter beträgt. Diese Bekleidung wird dann am Boden und an den Seitenwänden mit einer wenigstens 0,9 Meter dicken Schichte guter Erde überdeckt, um sie vor dem Stoße der Schiffe zu bewahren.

Bei tiefen Einschnitten muß der Querschnitt des Kanals und der Leinpfade wie bei den Kanälen der ersten Klasse angeordnet werden (Fig. 166); ist

Fig. 166.*)



*) Fig. 166. Querschnitt eines Kanals in einem tiefen Einschnitte.
E Seitenböschung des Einschnittes.

aber der Einschnitt sehr tief, so wird empfohlen, die Dimensionen auf den Durchgang eines einzelnen Bootes zu reduciren. Hierdurch werden einige Kosten erspart; allein diese Ersparniß ist im Allgemeinen von einer zu kleinlichen Art, um den Hindernissen der Schifffahrt, besonders bei lebhaftem Verkehre die Wage zu halten.

637. Vertheilungspunkt. Dieser muß an der tiefsten Stelle in der Erhebung zwischen beiden Kanalenden gesucht werden, um erstlich die Schiffe nicht zu hoch heben zu müssen, und um zweitens Wasser in diesen höchsten Punkt des Kanals zu erhalten. Bei der Wahl dieses Punktes wird der Ingenieur die schon früher bei den Straßen aufgestellten Betrachtungen zu Rathe ziehen.

638. Speisung mit Wasser. Die Wassermenge welche ein Kanal mit Theilungspunkt erfordert, kann in zwei Theile gebracht werden; das was am Theilungspunkte zufließen muß, um das dort liegende Kanalstück und die von dort ihr Wasser erhalten, zu füllen, und zweitens das Wasser, welches für die tiefer liegenden Kanalstücke erfordert wird und durch andere Quellen geliefert wird.

Das Wasser was in dem höchsten Kanalstücke gesammelt wird, kann wieder in verschiedene Theile gebracht werden: 1) die Wassermenge welche dieses Kanalstück und die von ihm zu speisenden füllt; 2) die Wassermenge welche zum Ersatze für zufällige Verluste bestimmt ist, wie bei Dammbrüchen, und Entleerungen für Ausbesserungen; 3) die Wassermenge zum Ersatze der Verdünstung des durch den Boden und die Thore durchgesickerten Wassers; 4) die Wassermenge für die Schifffahrt beim Uebergang eines Bootes aus einem Kanalstücke, einer Haltung in die andere. Bei dem Mangel hinreichender Erfahrungen kann man den Aufwand für diese einzelnen Punkte nicht so genau angeben, daß der Ingenieur scharfe Rechnungen führen kann.

Die Wassermenge, welche zur Füllung der obersten Haltung und der daraus zu füllenden erforderlich ist, kann aus der Größe dieser Kanalstücke leicht berechnet werden, bis auf die Wassermenge, welche der Boden verschluckt, deren Größe von der Natur des Bodens abhängt.

Der Ersatz für zufällige Verluste ist nicht bestimmbar.

Um den Verlust durch Verdünstung zu berechnen, muß man diese und die Regenmenge an dem Orte des Kanals beobachten und ihre Differenz nehmen; diese Differenz gibt diesen Verlust.

Der Verlust durch den Boden hängt von dessen Beschaffenheit ab und ändert sich mit der Zeit; er nimmt nach und nach ab und ist bei alten Kanälen nur unbedeutend. Bei gewöhnlichem Boden kann man ungefähr 5 Centimeter Tiefe in 24 Stunden annehmen, wenn der Kanal erst kurze Zeit geöffnet ist. Der Verlust durch die Thore hängt von der Genauigkeit der Arbeit ab. Nach Versuchen von Fisk am Chesapeak- und Ohio-Kanal ist der Verlust durch die Thore der höchsten Haltung, welche 30 Meter lang, 4,6 Meter weit und 2,4 Meter tief ist, im Tage 12 Schleußenkammern voll oder in der Minute ungefähr 1,7 Kubikmeter. Der monatliche Verlust in diesem Kanale durch Verdünstung und Durchsickern ist ungefähr zweimal die Wassermasse, welche der Kanal enthält. Nach den Versuchen von Jervis am Eriekanal ist der ganze Verlust durch Verdünstung, Durchsickern und die Schleußenthore in der Minute 1,8 Meter für je 1000 Meter Länge.

Bei der Bestimmung der Wassermenge, welche man zum Uebergange eines Bootes von einem Niveau zum andern bedarf, muß man zwei Fälle unterscheiden: 1) wenn nur eine Kammerschleuße zwischen beiden Haltungen ist und 2) wenn mehrere zusammenhängende Schleußen, gekuppelte Schleußen (locks in flights), vorhanden sind.

639. Eine **Kammerschleuße** (lock; écluse) ist ein kleines Bassin, gerade weit genug um ein Boot aufzunehmen, in welchem das Wasser gewöhnlich auf den Seiten durch zwei verticale Mauern eingeschlossen ist, und an den Enden durch Schleußenthore, welche geöffnet und geschlossen werden können um das Boot durchgehen zu lassen und das Wasser mit dem höheren Wasserspiegel von dem niedern zu trennen, wie auch von der Schleußenkammer, wenn das Schiff in ihr ist. Um ein Boot durchgehen zu lassen, von der untern Haltung z. B. zu der obern, werden die untern Thore geöffnet und das Boot tritt in die Schleuße, worauf die untern Thore geschlossen werden. Nun läßt man durch die obern Thore Wasser in die Kammer treten, was durch

Schützen geschieht, füllt diese bis zum oberen Wasserspiegel, wobei sich das Schiff bis zu diesem hebt. Nun werden die oberen Thore geöffnet und das Boot tritt in die obere Haltung. Soll das Schiff von oben herabsteigen, so wird die Kammer erst gefüllt, die oberen Thore geöffnet, das Schiff tritt in die Kammer; man schließt die oberen Thore, zieht die Schützen der untern Thore, wodurch das Wasser aus der Kammer abfließt, und öffnet zuletzt die unteren Schleußenthore.

Bei beiden Operationen muß jedesmal die Schleuße bis zum Wasserspiegel in der obern Haltung gefüllt werden, und dieses Wasser fließt dann in die untere Haltung. Diese Wassermenge heißt die Füllmasse (**prism of lift**) der Schleuße.

640. Steigt ein Boot von der niedersten Haltung welche vom Theilungspunkte gespeist wird, aufwärts, so bedarf es zum Durchgang durch die nächste Schleuße einer Füllmasse; ebenso bei jeder nächsten eine, bis das Boot den Theilungspunkt erreicht, von welchem also nur eine Füllmasse hierbei durch alle Schleußen abwärts geführt wurde. Steigt das Boot auf der andern Seite wieder abwärts, so wird auch hierzu eine Füllmasse vom Theilungspunkte weggeführt. Zum Uebergange eines Bootes über den Theilungspunkt muß also dieser zwei Füllmassen Wasser liefern.

Dieses Boot läßt auf der Seite wo es aufwärts gestiegen ist, alle Kammern gefüllt, auf der andern Seite sind alle Kammern leer. Ueberschreitet nun ein Boot den Kanal in der entgegengesetzten Richtung, so wird es aufwärts wie das erste Mal eine Füllmasse von dem Theilungspunkte abführen; abwärts wird es aber mit Hilfe der gefüllten Kammern ohne weiteren Wasserzufluß von dem Theilungspunkte herabsteigen können. Wechseln also die Boote regelmäßig, so braucht jedes nur eine Füllmasse Wasser von dem Theilungspunkte. Eine solche Regelmäßigkeit in der Benützung des Kanals wird aber nur selten zu erreichen seyn, weßhalb man für jedes Boot zwei Füllmassen in Anschlag bringen muß.

Bei Berechnung der Wassermasse für gekuppelte Schleußen kommt noch die Flottmasse (**prism of draught**) in Betracht. Dieß ist die Wassermasse, welche nachdem die Füllmasse aus der Kammer gelassen ist, noch hinreicht, das Schiff flott zu erhalten.

641. Bei gekuppelten Schleußen geht entweder die Füllmasse nebst der Flottmasse aus einer Kammer in die andere oder es bleibt die Flottmasse immer in jeder Kammer; darnach kann man die Wassermasse für den Durchgang eines Schiffes unter allen Umständen berechnen. Für die Ausführung muß man die ungünstigsten Fälle im Auge haben, wohin bei gekuppelten Schleußen das Gegeneinanderfahren zweier Schiffe gehört. Man braucht im Allgemeinen bei diesen Schleußen viel mehr Wasser als bei den ersten.

642. Leitgräben und Wasserbehälter (feeders and reservoirs). Ist die nothwendige Wassermenge, welche vom Theilungspunkte dem Kanal zufließen soll, bestimmt, so muß der Ingenieur Quellen aufsuchen, welche diese Wassermenge liefern. Hierzu wird die Gegend untersucht und dabei eine genaue Aufnahme aller möglicherweise dem Kanal zuzuführenden Wasserwege nebst dem Gefälle bis zum Kanal gemacht, wobei man zugleich die Wasser-

menge mißt, welche jeder dieser Wasserwege liefert, was in der trockensten Jahreszeit geschehen muß.

643. Die gewöhnliche Art das Wasser der Quellen zu sammeln und dem Theilungspunkte zuzuführen ist die durch Leitgräben und Wasserbehälter. Die Leitgräben sind kleine Kanäle, die man an der Oberfläche des Erdreichs mit einem hinreichenden Gefälle führt, damit das Wasser der Quelle durch sie geleitet werden kann. Der Querschnitt und das Gefälle dieser Kanäle bestimmen sich nach den Formeln der Hydraulik. (Siehe unter Anderem „Vademecum für den praktischen Ingenieur und Baumeister ꝛc." Stuttgart bei J. B. Müller. S. 23 u. f.) Bei diesen Leitgräben bringt man wie bei gewöhnlichen Kanälen Vorrichtungen an, um einen Theil oder alles Wasser ablaufen zu lassen, sogenannte Leerläufe.

Nur eine kleine Menge Wasser, das in den Leitgraben tritt, kommt wirklich in den Kanal, weil hier der Verlust an Wasser aus verschiedenen Ursachen viel größer ist als dort. So geht aus Beobachtungen an den Leitgräben des Briarekanals hervor, daß dieser nur den vierten Theil des ihm zufließenden Wassers in den Kanal bringt und daß der jährliche Verlust der zwei Leitgräben den hundertfachen Inhalt der Gräben übersteigt.

644. Ein **Wasserbehälter** soll für den Bedarf Wasser ansammeln. Gewöhnlich wird ein solcher in einem tiefen und engen Thale angelegt, welches über dem Theilungspunkte liegt, indem man einen Erddamm oder einen gemauerten Wall quer vor den Ausgang des Thales stellt. Man sucht hierbei das größte Volum Wasser mit der kleinsten verdünstenden Oberfläche und den wenigsten Baukosten zu sammeln.

Im Allgemeinen nimmt man an, es sey das Beste zwei Wasserbehälter zu haben; den größern für die eigentliche Ansammlung des Wassers, den andern, den Theilungsbehälter, für die Speisung des Kanals. Ist aber die oberste Haltung selbst sehr geräumig, so kann sie selbst als Vertheilungsbehälter dienen.

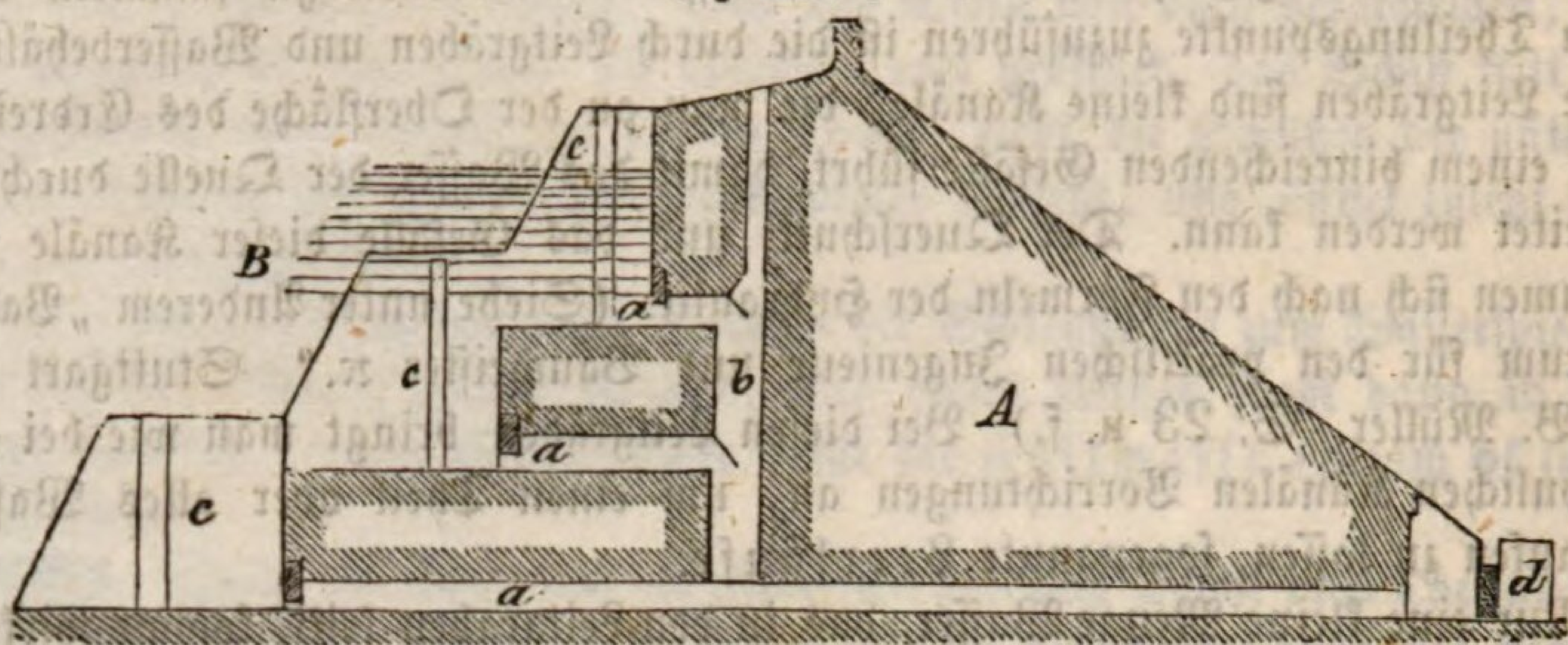
Das Verhältniß zwischen der Regenmenge auf eine gegebene Fläche, und der Wassermenge, welche von ihr zur Speisung eines Kanals gesammelt werden kann, ist sehr verschieden nach der Jahreszeit, der geographischen Lage des Orts, der Gestalt der Erdoberfläche an diesem Orte u. a. m. Die Regenmenge ist am größten in höheren Breiten und im Winter und Frühjahre; eine holzreiche Gegend mit schmalen und tiefen Thälern liefert mehr Wasser als eine offene flache Gegend. Beobachtungen hat man nur wenige hierher gehörende. Nach einigen die am Chenango-Kanal im Staate New-York angestellt wurden, scheint es, daß in dieser Gegend nur auf $^2/_5$ der Regenmenge für die Speisung des Wasserbehälters gerechnet werden kann. In der Regel nehmen die Ingenieure nur $^1/_3$ an.

Der Verlust an Wasser durch Verdünsten, Durchsickern ꝛc. bei Behältern hängt von der Größe und Lage der Oberfläche und von der Natur des Bodens ab. Nach Beobachtungen in England und Frankreich an alten Behältern beträgt dieser Verlust täglich etwa ein Centimeter in der Tiefe.

645. Die Dämme oder Deiche der Wasserbehälter sind verschiedenartig erbaut worden; manche sind ganz von Erde (Fig. 167), andere ganz gemauert, andere bestehen aus Erde, die zwischen mehreren parallelen Mauern

eingestampft ist. Jetzt hält man den Gebrauch entweder der Erde oder der Mauern allein für das Beste.

Fig. 167.*)

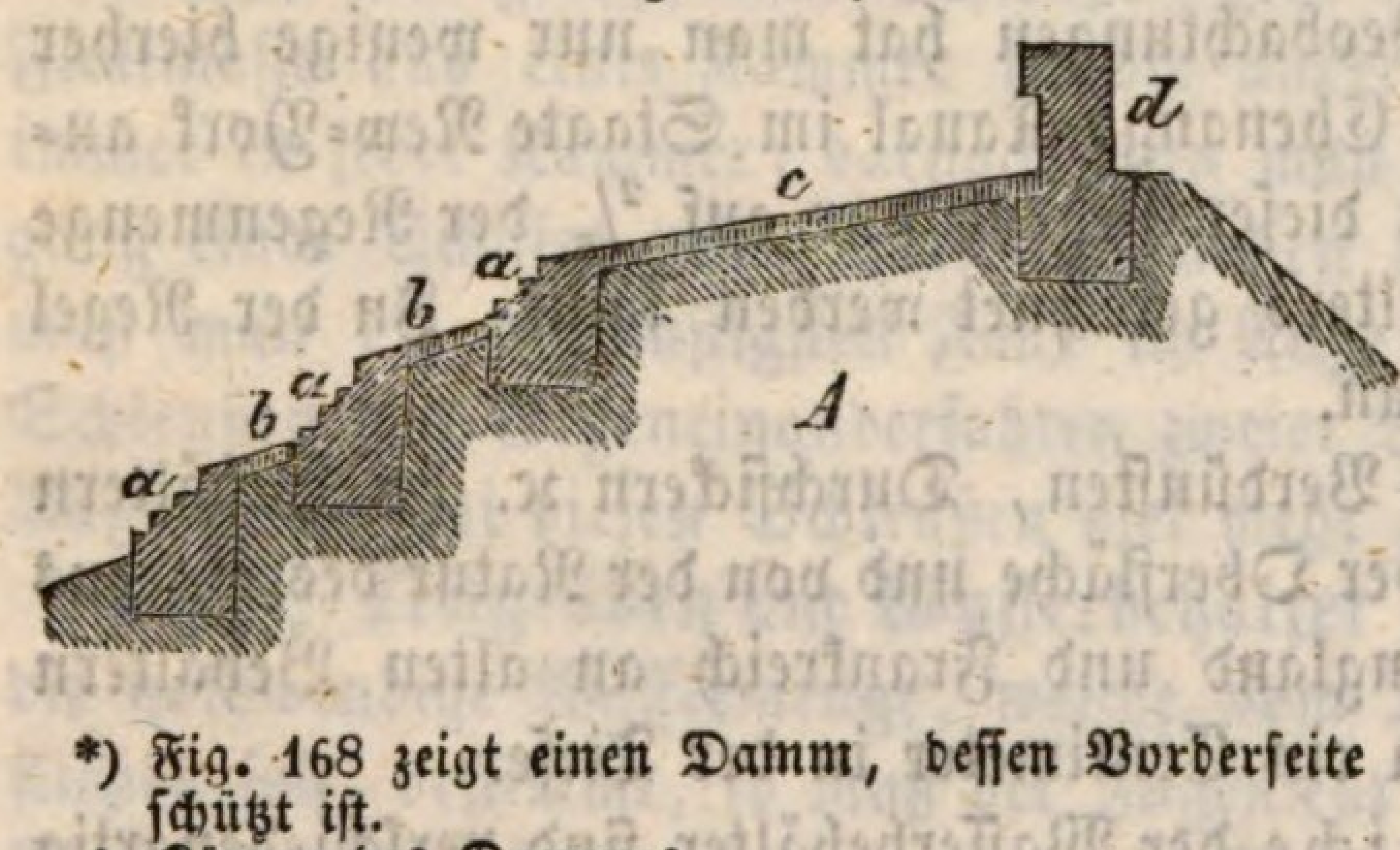


*) Querschnitt eines Dammes mit drei Auslaßdohlen.
A der Dammkörper.
B das Wasser.
a, a, a Auslässe mit Schützen, welche zu dem verticalen Schachte b führen.
c, c, c Fugen in den Seitenmauern, welche den Eingang zu den Dohlen bilden.
d Damm von Bohlen, welcher den untersten Dohlen immer voll Wasser erhält.
e Brustmauer an der Krone des Dammes.

Erddämme müssen mit äußerster Sorgfalt aus sehr gut bindender Erde angelegt werden, die man zuvor sorgfältig von allen Körpern gereinigt hat, welche eine Durchsickerung veranlassen können. Ein breiter Graben wird bis auf den festen Grund ausgehoben, um die Sohle des Dammes aufzunehmen; die Erde wird sorgfältig ausgebreitet und in Schichten eingestoßen, die nicht über 0,3 Meter dick sind. Als weitere Vorsicht bringt man zuweilen in die Mitte des Dammkörpers eine Füllung vom besten Thon an, welche von der Krone bis etwa ein Meter unter den Fuß des Dammes reicht. Der Damm kann an der Krone 4,5 bis 6 Meter dick seyn. Die Böschung einwärts auf der Wasserseite soll drei= bis sechsfüßig seyn; die Hinterböschung nach außen wird nur wenig größer als die natürliche Böschung der Erde.

Die Vorderböschung wird, soweit sie vom Wasser benetzt ist, gewöhnlich gepflastert, um die Wirkung der Wellen aufzuheben. Diese Art der Beklei= dung widersteht aber der Wirkung des Wassers, wenn dieß durch Stürme bewegt wird, nicht hinreichend. Bei einigen neueren in Frankreich erbauten Deichen hat man diese Trocken= mauer durch eine mit hydrau= lischem Mörtel ersetzt. Dabei hat man (Fig. 168) eine Reihe von niedrigen Mauern staffel= weise übereinander gesetzt, nach der Böschung des Dammes, wo= bei der Zwischenraum zwischen dem obern Ende der einen

Fig. 168.*)



*) Fig. 168 zeigt einen Damm, dessen Vorderseite durch niedere Mauern in Staffeln ge= schützt ist.
A Körper des Dammes.
a, a, a niedere Mauern, deren Vorderseiten staffelförmig sind.
b, b Staffelflächen zwischen den Mauern, mit platten Steinen in Mörtel belegt.
c Krone des Dammes, wie die Staffeln bekleidet.
d Brustmauer.

Mauer und dem Fuße der nächsten mit Platten in Mörtel belegt wurde. Die Mauern sind 1,5 bis 1,8 Meter hoch; sie sind staffelförmig aufgeführt, auf der Rückseite vertical oder sich rückwärts lehnend. Die Mauern stehen 0,6 bis 0,9 Meter auseinander.

Ein gewölbter Dohlen oder eine weite eiserne Röhre an einem passenden Orte des Dammbodens angebracht, dient zum Entleeren des Wassers, oder zur Speisung des Kanals; dieser Ausfluß kann mit Hilfe einer Schütze geschlossen oder geöffnet werden.

Dieser Dohlen muß stark erbaut und die Erde ringsum gut eingerammt werden; er muß weit genug seyn, daß ein Mann leicht in denselben gelangen kann. Die Schütze kann beim Eingange oder einem Zwischenpunkte angebracht seyn. Sie muß sehr sorgfältig gearbeitet seyn.

Ist die Wassertiefe in einem Behälter beträchtlich, so muß man mehrere Dohlen anbringen (Fig. 167), um das Wasser in verschiedenen Höhen auslassen zu können, da der Druck auf die unteren Schützen sehr groß ist, wenn der Behälter ganz voll ist. Diese können in Abständen von ungefähr 3,6 Meter von einander angebracht werden; sie gießen ihr Wasser in einen gemeinschaftlichen verticalen Schacht aus. In diesem Falle ist es gut, an der Mündung des Bodendohlens einen Damm von Holz anzubringen, durch welchen dieser Dohlen immer voll Wasser gehalten wird, um Beschädigungen des Bodens durch das von oben herabstürzende Wasser zu verhüten.

Die Seitenmauern welche die Erde an den Eingängen zu den Dohlen zurückhalten, werden mit Schlitzen angelegt, in welche man einen Damm von Holz einlegen kann, wenn eine Reparatur an den Dohlen oder der Außenseite des Dammes vorgenommen werden soll.

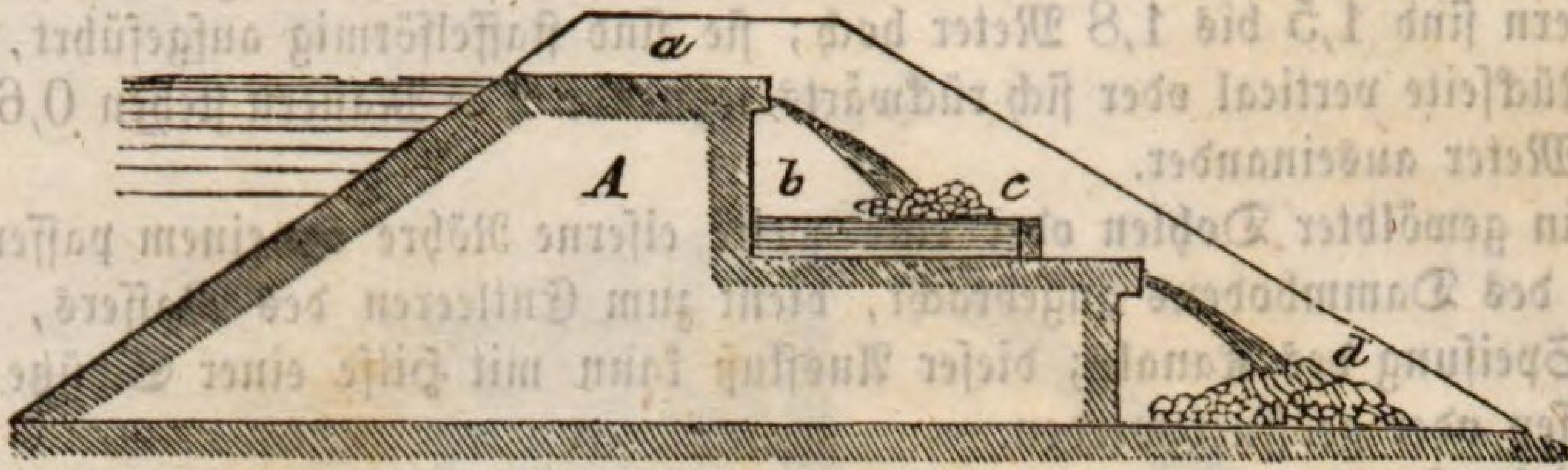
Die Schützen sind kleine, gleitende Thüren, welche durch ein Getriebe auf und ab bewegt werden können. Der Querschnitt des Dohlens ist an der Schütze zusammengezogen.

646. Gemauerte Deiche sind wasserdichte Mauern, deren Dimensionen und Formen geeignet sind, dem Wasserdrucke im Reservoir zu widerstehen und das Durchsickern zu vermeiden. Der passendste Querschnitt ist ein Trapez, dessen Seite gegen das Wasser vertical ist und dessen äußere Seite eine Böschung erhält. Diese Mauer muß in der Höhe des Wasserspiegels wenigstens 1,2 Meter dick seyn, um das Durchsickern zu vermeiden; diese Dicke muß nach den Umständen größer genommen werden. Aeußerlich an der Mauer bringt man zur Verstärkung der Stabilität Strebepfeiler an.

647. Während der nassen Jahreszeit muß man Sorge tragen, daß der Damm nicht unter Wasser gesetzt wird. Hierzu muß man die Quellen welche das Reservoir speisen, abschneiden können, und in dem Damme sollte ein Ueberfallswehr, ein Leerlauf (waste-weir) (umstehende Fig. 169) angebracht seyn, der bei hinreichender Weite und Tiefe das Wasser über den Damm leitet. Bei solchen Dämmen kann hierbei der Fall des Wassers in mehrere Fälle abgetheilt seyn, die man staffelförmig übereinander bringt. Um den Stoß des Wassers auf die horizontalen Flächen der Absätze zu schwächen, hält man auf diesen durch einen kleinen Querdamm immer eine Schichte Wasser.

648. Bei ausgedehnten Behältern können starke Wellen gebildet und

Fig. 169. *)



*) Fig. 169 zeigt einen Leerlauf mit zwei Fällen.
A Körper des Dammes.
a Krone des Ueberfalls.
b Deich, gebildet durch den Damm c um die Kraft des fallenden Wassers zu brechen.
d ein Haufen loser Steine zu gleichem Zwecke.

über die Krone des Dammes geworfen werden; in solchen Fällen bringt man an der Außenseite der Krone eine Brustmauer an und belegt die Krone durchaus mit Platten in Mörtel.

649. Fall der Schleußen (lift of locks). Aus dem früher Gesagten ergibt sich, daß für die Wasserersparniß einzelne Kammerschleußen vortheilhafter sind als gekuppelte; aber der Ingenieur hat dennoch zuweilen zwischen beiden Arten zu wählen, und die Form der Bodenfläche wird ihn zuweilen nöthigen, gekuppelte Schleußen anzulegen. Die Kosten der gekuppelten Schleußen sind meistens etwas kleiner als bei derselben Zahl von einfachen Kammerschleußen, weil mehrere Theile des Mauerwerkes wegbleiben können. Ebenso fallen die kleinen Thore bei den gekuppelten Schleußen weg. Die gekuppelten Schleußen sind aber schwieriger zu fundiren, weil das Wasser hier mehr wie bei den einzelnen seinen Weg unter die Schleußen sucht. Wo ein lebhafter Verkehr stattfindet, hat man auch zwei Reihen gekuppelter Schleußen verbunden, von denen die eine zum Aufsteigen, die andere zum Herabsteigen der Schiffe dient. In diesem Falle kann das Wasser, was zum Durchgang eines Schiffes gedient hat, theilweise in den andern Zug gebracht werden, wozu Schützen angebracht sind.

Der Fall der Schleußen ist von Wichtigkeit für den Wasserverbrauch wie für die Kosten der Erbauung. Schleußen mit großem Falle verbrauchen mehr Wasser als die mit kleinem. Ebenso erfordern sie mehr Sorgfalt in ihrem Baue und in der Unterhaltung; dagegen kosten Schleußen mit großem Falle weniger als mehrere Schleußen mit niedrigem Falle, welche auf dieselbe Höhe steigen. Der kleinste Fall ist selten weniger als 1,5 Meter und der größte bei gewöhnlichen Kanälen nicht über 3,6 Meter. Mittlere Fälle von 2 bis 2,4 Meter sind in jeder Hinsicht die besten. Dieser Punkt kann übrigens nicht willkührlich festgestellt werden, da die Natur der Gründungen, der gebrauchten Materialien, der Aufdämmungen rings um die Schleuße, die Aenderungen in der Richtung des Kanals, welche durch einen veränderten Fall herbeigeführt werden, so vielfach abändernde Ursachen sind, daß nur bei genauer Abwägung aller Umstände der Fall einer Schleuße festgestellt werden kann.

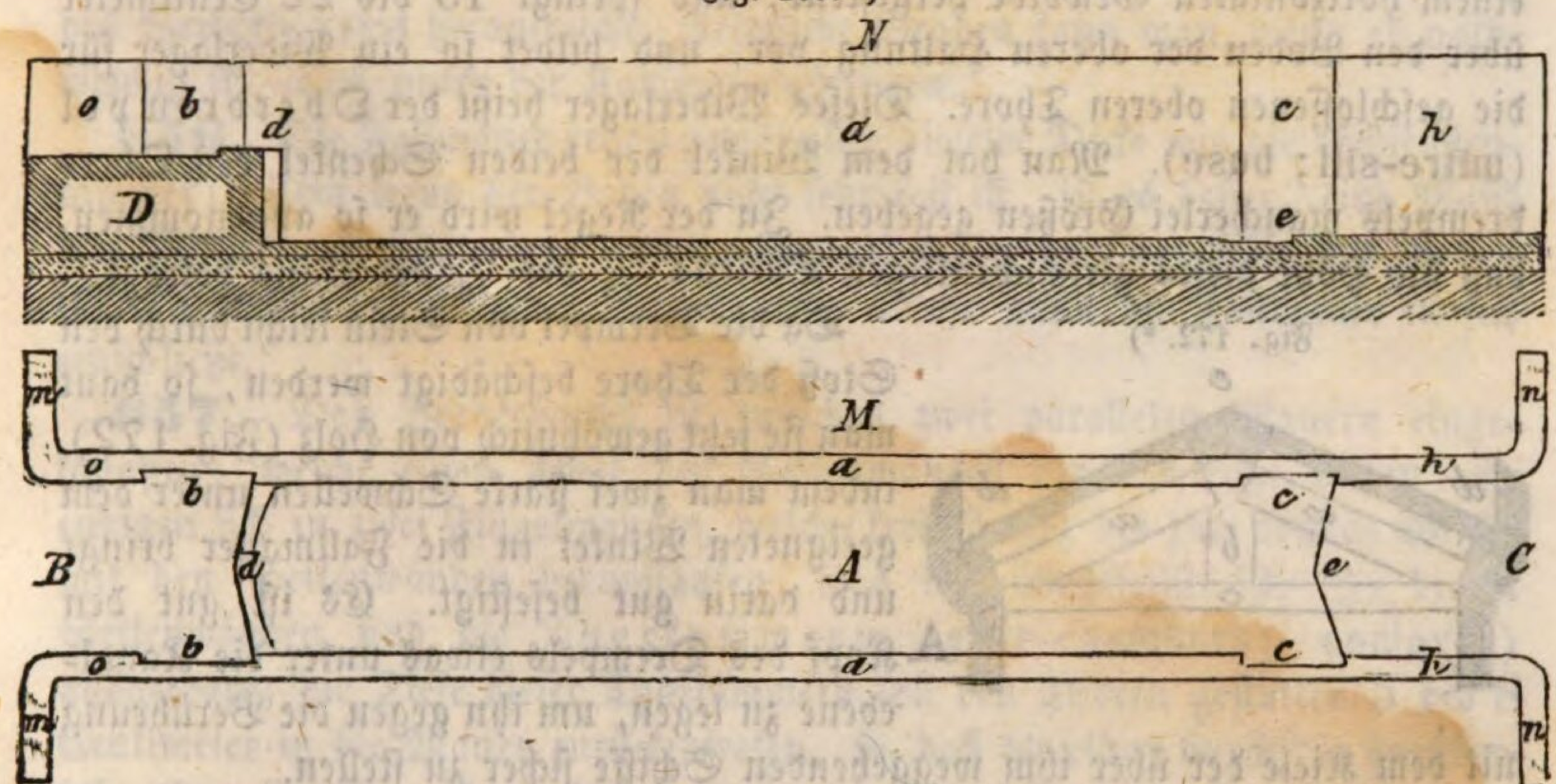
650. Haltungen (levels; biefs). Die Lage und Dimensionen der Haltungen hängt beinahe ganz von der Form der natürlichen Oberfläche ab.

Um von einer Haltung zur andern zu gehen, wählt man die Punkte, an denen die natürliche Oberfläche einen schnellen Fall hat.

Eine Haltung kann mit einer passenden Aenderung ihres Querschnittes so kurz angelegt werden als wünschenswerth erscheint, nur muß beachtet werden, daß ein Boot das zwischen den Schleußen an den Enden der Haltung durchgeht, Zeit genug hat in eine der Schleußen einzutreten, ehe es auf den Grund gesetzt wird, wenn das Wasser während des Durchgangs des Schiffes in die untere Schleuße gelassen wird und dabei die Tiefe in der Haltung gerade auf die Fahrtiefe des Schiffes gebracht wird.

651. Kammerschleußen. Eine solche (Fig. 170) besteht aus drei Theilen: 1) der Kammer (**chamber; tas**) zwischen den Thoren; 2) dem

Fig. 170.*)



*) Fig. 170. Grundriß **M** und Schnitt **N** durch die Achse einer Kammerschleuße mit einer Betongründung.

A Schleußenkammer.
B Vorderhaupt.
C Unterhaupt.
a, **a** Kammermauern.
b, **b** Thorkammern.
c, **c** ebenso.
d, **d** Oberdrempel und Fallmauer.
e, **e** Unterdrempel.
hh, **oo**, **mm** und **nn** Flügelmauern.
D Mauer unter dem Vorderhaupte.

Theile oberhalb der oberen Thore, Vorderhaupt oder Oberhaupt (**fore** oder **head-bay**); 3) dem Theile unterhalb der Thore, dem Unterhaupte (**aft** oder **tail-bay**).

652. Die Kammer muß groß genug seyn um den auf dem Kanale gebrauchten Schiffen den Aus- und Eingang leicht zu gestatten; eine Breite die um 0,3 Meter größer ist als die Breite des Schiffs, wird in der Regel für hinreichend gehalten. Die Länge der Kammer hängt ebenso von der Länge der Schiffe ab; sie soll so bestimmt seyn, daß nach dem Eintreten des Schiffes durch die unteren Thore diese geschlossen werden können, ohne das Ruder wegnehmen zu müssen.

Der Grundriß der Kammer ist gewöhnlich ein Rechteck, welche Form allen andern vorzuziehen ist. Bei den Querschnitten der Kammer (umst. Fig. 171) erhalten die Seiten gewöhnlich eine schwache Böschung. Sie geben dem Schiffe so einen leichteren Durchgang als wenn sie vertical wären. Der

Fig. 171.*)

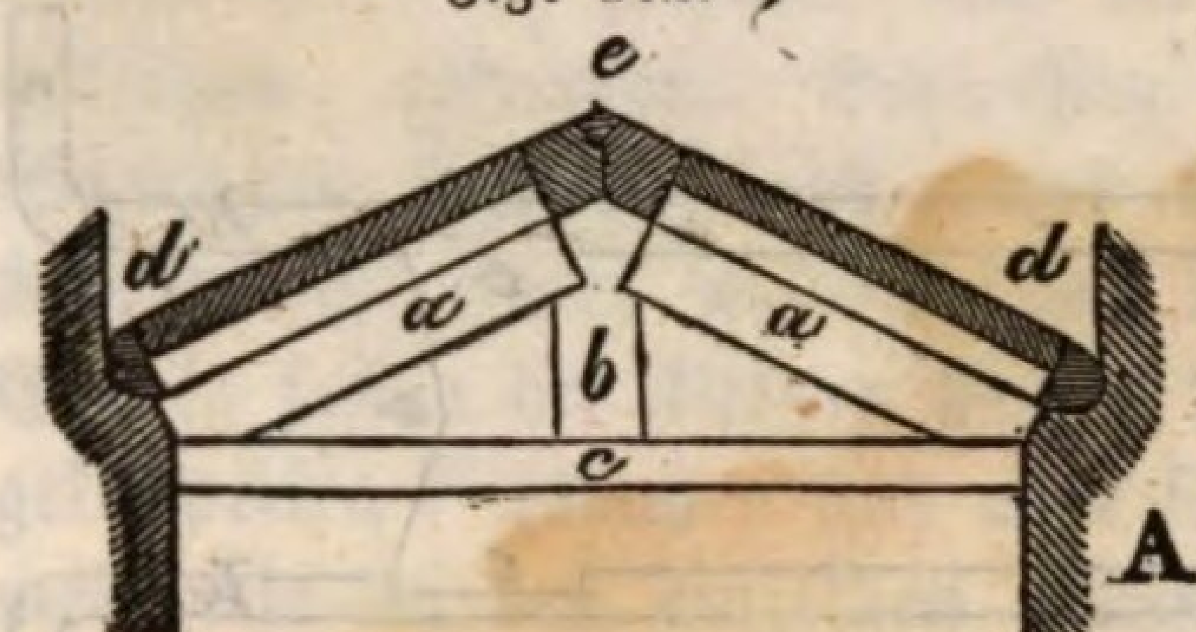


Boden ist entweder eben oder ausgehöhlt. Das erstere erfordert mehr Wasser, das zweite mehr Mauerung.

653. Die Kammer ist zunächst innerhalb der oberen Thore durch eine verticale Mauer begrenzt, deren Grundriß gewöhnlich gekrümmt ist; sie heißt die Fallmauer (lift-wall) und hat gewöhnlich den Fall der Schleuße zu ihrer Höhe. Der obere Theil dieser Fallmauer wird aus gehauenen Steinen zu einem horizontalen Gewölbe hergestellt, und springt 15 bis 22 Centimeter über den Boden der oberen Haltung vor, und bildet so ein Widerlager für die geschlossenen oberen Thore. Dieses Widerlager heißt der Oberdrempel (mitre-sill; buse). Man hat dem Winkel der beiden Schenkel des Oberdrempels mancherlei Größen gegeben. In der Regel wird er so angenommen, daß die Höhe dieses gleichschenkligen Dreiecks $^1/_5$ bis $^1/_6$ der Basis beträgt.

*) Fig. 171. Querschnitt der Figur 170 durch die Kammer.
A, A Schleußenwände.
B Kammer mit einem umgekehrten Bogen als Boden.

Fig. 172.*)



Da die Drempel von Stein leicht durch den Stoß der Thore beschädigt werden, so baut man sie jetzt gewöhnlich von Holz (Fig. 172), indem man zwei starke Schwellen unter dem geeigneten Winkel in die Fallmauer bringt und darin gut befestigt. Es ist gut den Kopf des Drempels etwas unter die Kanalebene zu legen, um ihn gegen die Berührung mit dem Kiele der über ihm weggehenden Schiffe sicher zu stellen.

*) Fig. 172. Grundriß eines hölzernen Drempels und Querschnitt eines geschlossenen Schleußenthores (Fig. 173, Seite 275).
a, a Schlagschwellen des Drempels, welche mit dem Fachbaume c und dem Binder b fest an die Seiten A, A sich stemmen.
d Querschnitt der Wendesäule des Schleußenthores.
e Querschnitt der Schlagsäule des Thores.

654. Die Querschnitte der Schleußenmauern sind trapezförmig, mit einem leichten Anzuge der Vorderseite. Diese Mauern sind zwei Pressungen ausgesetzt, dem Drucke des Wassers von der einen, dem Erddrucke von der andern Seite. Der letzte ist der größere und der beständig wirkende. Gewöhnlich nimmt man die Dicke der Mauer 1,2 Meter dick in der Höhe des Wasserspiegels der oberen Haltung, und bestimmt dann die Dicke der Basis, so daß die Mauer dem Drucke widersteht; die erste Dicke ist des Durchsickerns wegen so groß genommen. Die Ausdehnung des Fundamentes hängt von der Natur des Bodens ab, und muß hiernach wie bei andern Bauten bestimmt werden.

655. Der Boden der Kammer kann eben oder gewölbt seyn, wie schon gesagt wurde. Ein ebener Boden paßt für sehr festen Boden, welcher weder dem verticalen Drucke der Seitenmauern nachgibt, noch das Wasser von der obern Haltung unter den Schleußenboden eindringen läßt. In einem der entgegengesetzten Fälle soll man dem Boden die Gestalt eines umgekehrten Bogens geben, durch welchen dem Druck des Wassers unter dem Boden am besten

widerstanden und zugleich der Druck der Wände der Schleuße über den ganzen Boden verbreitet wird. Die Dicke dieses Bogens hängt von der Breite der Schleußenkammer und der Natur des Untergrundes ab. Auf einem dichten Felsen ist ein Boden nicht nothwendig; auf weichem Schlamm muß der Boden sehr fest und ein bis zwei Meter dick seyn.

655. Die größte Gefahr droht den Gründungen durch Wasser, welches aus der obern Haltung zur untern unter dem Boden der Schleuße sickert. Um diesem zu begegnen, hat man, jedoch ohne großen Erfolg, Spundpfähle quer über den Kanal an dem Ende des Vorderhauptes eingetrieben; ein anderes wirksameres Mittel, das aber zugleich kostspieliger ist, besteht darin, daß man gerade unter dem Vorderhaupte einen tiefen 0,6 bis 1 Meter weiten Graben aushebt, denselben mit Beton ausfüllt, welcher bis an die Mauerung des Vorderhauptes heraufreicht. Aehnliche Graben kann man, wenn es nothwendig ist, auch unter der Kammer anbringen.

656. Die Fallmauer erhält gewöhnlich dieselbe Dicke wie die Schleußenkammer; allein wenn der Boden nicht sehr fest ist, ist es besser, eine Masse von Mauerwerk unter dem gangen Vorderhaupte von der Höhe des Bettes für den Boden der Kammer aufzubauen, welche dann die Fallmauer in sich einschließt.

657. Das Vorderhaupt ist zwischen zwei parallelen Mauern eingeschlossen, welche einen Theil der Seitenmauern der Schleuße bilden; sie endigen sich in zwei Flügelmauern, welche kreisförmig bis zum rechten Winkel mit den Seitenwänden herumlaufen, was das Wohlfeilste ist. In diesen Seitenwänden sind die Thorkammern (**gate-chambers; enclaves**) ausgespart; die Tiefe dieser Thorkammern soll den Thoren gestatten 5 bis 8 Centimeter in die Mauer zurückzutreten, so daß dieselben durch die vorüberfahrenden Schiffe nicht beschädigt werden. Die Länge der Kammer soll nur einige Centimeter größer seyn als die Breite der Thore. In dem Theile dieser Kammer, in welcher sich das Thor dreht, steht die Wendesäule (**quoin-post**), welche in das Ende der Thorkammer, die Wendehöhle (**hollow quoin; chardonnet**), genau paßt. Dieses Ende liegt gewöhnlich 45 Centimeter von der Vorderseite der Fallmauer.

Die Seitenmauern reichen nur 0,3 Meter über die andern Enden der Thorkammern; die Flügelmauern können sich bis zur ganzen Breite des Kanals ausdehnen, aber weniger kostspielig ist es, wenn der Kanal nahe an der Schleuße zusammengezogen wird, und die Flügelmauern nur 0,6 Meter weit zurückgreifen.

Die Dimensionen dieser Mauern werden wie bei den Mauern der Kammern bestimmt.

Der Boden des Vorderhauptes ist eben und in gleicher Höhe mit dem Kanalboden; die äußeren Schichten der Steine beim Eingange müssen gut verbunden seyn, um nicht loose zu werden.

658. Die Thorkammern für die untern Thore sind in den Seitenwänden der Schleußenkammern angebracht. Der Boden der Kammer muß, soweit die Thore sich bewegen, eben seyn oder auf andere Weise so angeordnet, daß das Spiel der Thore nicht gehemmt ist.

659. Die Seitenmauern des Unterhauptes sind Theile der Hauptmauern, und ihre Dicke wird wie bei diesen festgestellt. Ihre Länge hängt hauptsächlich von dem Drucke der geschlossenen untern Schleußenthore auf sie ab, außerdem von dem Raume, welchen die Arbeiter bei dem Oeffnen und Schließen der Thore bedürfen. Diese Seitenmauern werden durch Flügelmauern wie beim Vorderhaupte geschlossen. Die Verbindung zwischen beiden wird abgerundet. Zuweilen werden eine oder zwei Nuthen in den Seitenmauern des Unterhauptes angebracht, um bei Reparaturen mit einem Fangdamme von Holz die Wasser der untern Haltung von der Kammer abhalten zu können. Auch am Oberhaupte hat man solche Nuthen angebracht, doch sind sie nicht unentbehrlich.

Die Wendehöhlen der Thorkammern haben größere Angriffe als alle andern Punkte auszuhalten, weil sich auf sie der Druck auf die Thore fortpflanzt, wenn diese geschlossen sind, und weil sie zugleich die Wirkung der Thore bei ihrer Bewegung auszuhalten haben, um diesen Angriffen zu widerstehen, werden hinter den Mauern Strebepfeiler in der geeignetsten Lage angebracht.

Der Boden des Unterhauptes ist auf gleiche Weise wie der des Vorderhauptes gebaut.

660. Die Seitenwände der Schleuße reichen 0,3 bis 0,6 Meter über den Oberwasserspiegel; die oberste Schichte soll aus schweren und großen gehauenen Steinen bestehen, wiewohl diese Art der Bedeckung nicht unumgänglich nöthig ist, da kleinere Massen auch gute Dienste thun, aber weniger dauerhaft sind.

Bei der Mauerung der Schleuße im Allgemeinen kann man bemerken, daß nur die Theile aus gehauenen Steinen gebaut werden müssen, welche starker Abnutzung aus irgend einer Ursache ausgesetzt sind, wie namentlich die Kanten; oder wo eine genaue Arbeit nothwendig ist, wie bei den Wendehöhlen. Die anderen Theile können von Backsteinen, Bruchsteinen, Beton ꝛc. seyn; aber jedenfalls muß man überall den besten hydraulischen Mörtel anwenden.

661. Das Füllen und Entleeren der Kammer hat zu vielen Besprechungen und Versuchen Anlaß gegeben, wobei die Frage immer war, ob es vortheilhafter sey, das Wasser durch Schützen in den Schleußenthoren ein- und austreten zu lassen, oder durch Dohlen in den Seitenmauern, welche durch Schützen geöffnet oder geschlossen werden können. Läßt man das Wasser durch Oeffnungen in den Schleußenthoren eintreten, so greift dasselbe, besonders bei hohen Fallmauern, den Boden und die Seitenwände der Kammer stark an; außerdem wird das Schiff in der Kammer heftig bewegt. Um dieß zu umgehen, hat man der Vorderseite der Fallmauer eine gekrümmte Oberfläche gegeben, die das Wasser ohne Stoß auf den Boden der Kammer leitet.

662. Die Seitendohlen, Umläufe genannt, sind kleine gewölbte Kanäle von kreisförmigem oder elliptischem Querschnitte, welche in der Mauer der Seitenwände liegen. Diese Dohlen gehen oft durch die ganze Länge der Seitenmauern in gleicher Höhe mit dem Boden von der Fallmauer bis ans Ende des Unterhauptes, und haben verschiedene Mündungen in die Kammer.

Sie haben zwei Schützen, eine beim Anfange in der obern Haltung und eine beim Auslasse in die Kammer. Dieß ist vielleicht eine der besten Constructionen für Seitendohlen. Sie sind alle sehr schwierig auszubessern und sind doch sehr ausgesetzt. Deßhalb stehen sie den Schützen in den Thoren nach.

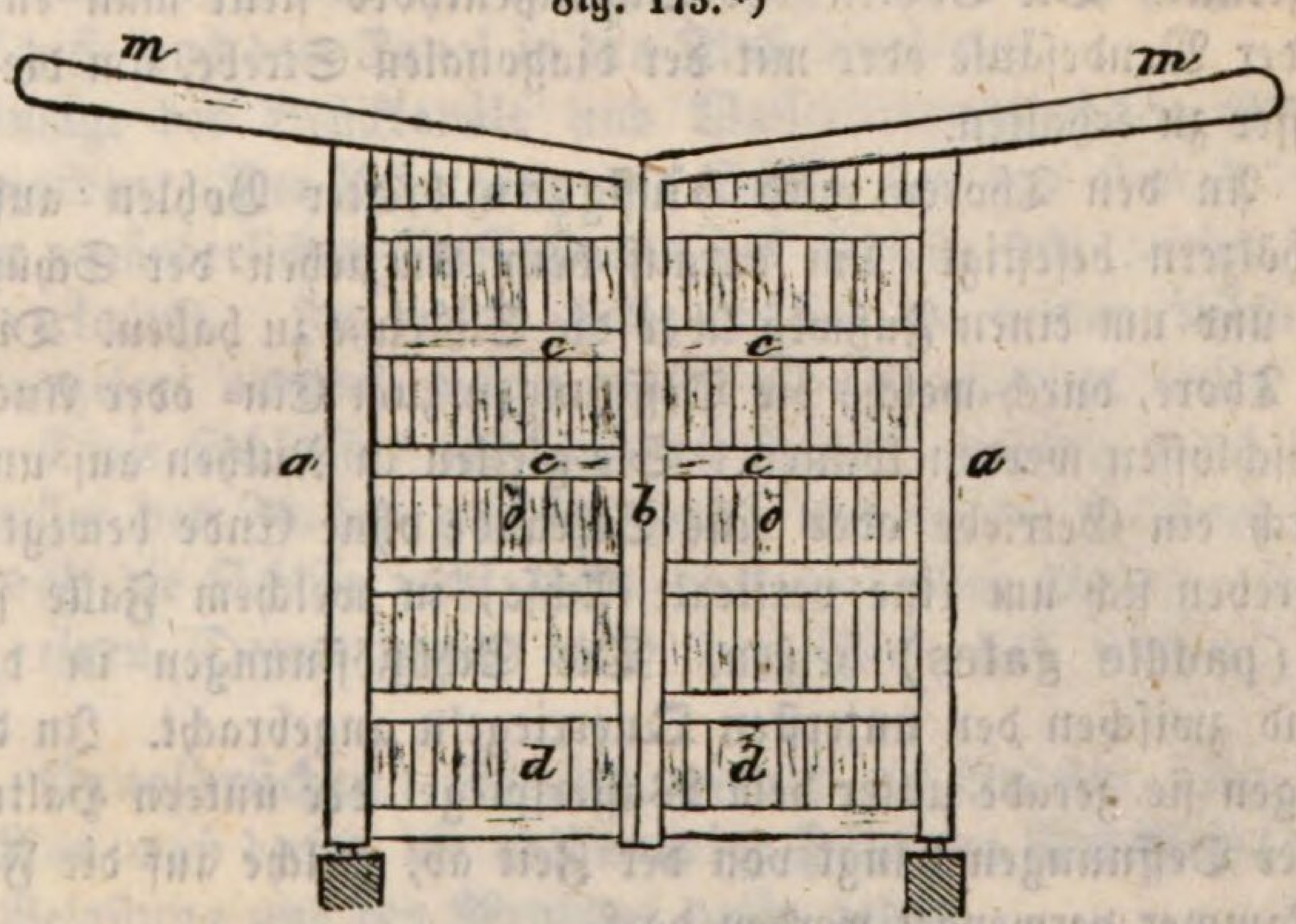
663. Man hat auch vorgeschlagen, die Nachtheile der Seitendohlen und die der Fallmauern dadurch zu umgehen, daß man die obere Haltung nach und nach vertieft bis zu dem Boden der Kammer. Hierdurch wird an Mauerwerk erspart, aber die Thore kosten mehr, da die obern und untern Thore gleiche Höhe haben müssen.

664. Der Boden des Kanals unter der Schleuße muß durch einen Dielenboden auf einem Roste oder durch Faschinen oder Pflasterung geschützt werden. Ebenso werden die Seitenwände durch Holz oder Steine befestigt. Die Länge dieser Befestigung hängt von der Schnelligkeit des Stroms ab; sie beträgt selten mehr als 5 bis 10 Meter. Der Eingang zu dem Vorderhaupte ist zuweilen auf gleiche Weise geschützt; allein dieß ist unnöthig, da hier eine starke Strömung nicht vorkommt.

665. In den Vereinigten Staaten hat man an mehreren Kanälen Schleußen aus Holz und Trockenmauerung aufgeführt. Die Seitenmauern sind trocken, aber sorgfältig gebaut. In dieser Mauer liegt bei der Kammer ein Rahmen von horizontalen und verticalen Hölzern, auf welche eine Bohlenbekleidung aufgenagelt ist; diese bildet die Seite der Kammer. Die Mauer liegt auf einem Roste von Querschwellen, welcher gut bedielt ist. Der Boden der Kammer erhält gewöhnlich eine doppelte Bedielung. Die Drempel sind von schwerem Holze.

666. Schleußenthore (lockgates; portes d'écluses). Ein Schleußenthor (Fig. 173) besteht aus zwei Flügeln (leaves; vantaux), von denen jeder aus einem festen Rahmen besteht, der gegen die Wasserseite hin mit

Fig. 173.*)



*) Fig. 173. Aufriß eines geschlossenen Schleußenthores.
a, a Wendesäulen.
b Anschlagsäulen.
c, c Querriegel, welche in a und b verzapft und durch eiserne Bänder verbunden sind.
o Planken oder Dielen des Thores.
d Schütze.
m, m Hebel.

dicken Planken wasserdicht beschlagen ist. Der Rahmen besteht gewöhnlich aus zwei verticalen Hölzern und verschiedenen horizontalen Riegeln, welche in die verticalen eingezapft sind, wozu endlich häufig noch eine diagonale Strebe kommt, welche dem Thore eine unveränderliche Form geben soll. Der Pfosten, um welchen der Flügel sich dreht, heißt Wendesäule (quoin oder **heel-post; poteau tourillon**) und ist auf der Rückseite abgerundet, um in die Wendehöhle zu passen; sie ist excentrisch gegen diese gestellt, so daß sie sich leicht in dieser dreht ohne zu streifen und doch bei geschlossenem Thore gut schließt. Oben und unten trägt sie eiserne Zapfen; der untere ruht auf einem eisernen Lager, der obere in einem eisernen Bande. Dieser Ring ist mit zwei eisernen Ankern, welche ihn an die obern Schichten der Mauer festhalten, so verbunden, daß er leicht losgemacht werden kann. Die beiden Anker liegen, der eine in der Richtung des geschlossenen, der andere in der Richtung des geöffneten Thors. Der andere Pfosten des Thors heißt die Anschlagsäule (**mitre-post; poteau busqué**); sie ist an der vordern Kante abgeschrägt, um mit der Anschlagsäule des andern Flügels zusammenzupassen.

667. Auf der Wendesäule ist ein langer Hebel (**balance beam**) angebracht, welcher durch sein Gewicht theilweise das Gewicht der Thorflügel balancirt. Er ist etwa 1,2 Meter über dem obern Ende der Schleuße angebracht und in die Anschlagsäule verzapft; er dient zum Schließen und Oeffnen der Schleuße.

668. Der oberste Querriegel, das Rahmstück, liegt ungefähr in gleicher Höhe mit der oberen Ebene der Schleuße; der Schwellrahmen, der unterste Querriegel, bewegt sich nahe am Boden der Schleuße. Die übrigen Querriegel werden entweder mit der Tiefe, dem größeren Wasserdruck entsprechend, stärker genommen oder bei gleicher Stärke dort näher zusammengerückt. Die Bohlen des Schleußenthors stellt man entweder parallel mit der Wendesäule oder mit der diagonalen Strebe, um die Form des Thores besser zu erhalten.

669. An den Thoren wird häufig ein breiter Bohlen auf Knaggen oder Traghölzern befestigt, um darauf beim Aufziehen der Schützen stehen zu können, und um einen Fußweg über die Schleuße zu haben. Die Schützen sind kleine Thore, durch welche die Oeffnungen zum Ein- oder Auslassen des Wassers geschlossen werden können. Sie gleiten in Nuthen auf und ab, und werden durch ein Getriebe oder eine Schraube ohne Ende bewegt; oder die Schützen drehen sich um eine verticale Achse, in welchem Falle sie Drehklappen (**paddle gates**) heißen. Die Schützöffnungen in den oberen Thoren sind zwischen den untersten Querriegeln angebracht. In den untern Thoren liegen sie gerade unter dem Wasserspiegel der untern Haltung. Die Größe dieser Oeffnungen hängt von der Zeit ab, welche auf die Füllung der Schleußenkammer verwendet werden darf.

670. Nebenbauten. Unter diesem Namen sollen alle die Bauten angeführt werden, welche nicht eigentlich Theile des Kanals, doch beinahe immer bei Kanalbauten vorkommen; wie die Dohlen für die Ableitung des Wassers,

die Mündungen der Leitgräben für die Speisung des Kanals mit Wasser, die Wasserleitungsbrücken ꝛc. ꝛc.

671. Dohlen (culverts). Die Anordnung, welche man zu treffen hat, um Wasser, welches die Kanallinie durchschneidet, abzuleiten, hängt von der Menge dieses Wassers, der Art seines Stroms und der relativen Lage desselben gegen den Kanal ab.

Kleine Bäche, welche tiefer als der Kanal liegen, können durch gewöhnliche Dohlen unter demselben durchgeführt werden. Liegen beide nahe in derselben Höhe, so muß man den Dohlen in der Form eines umgekehrten Hebers anlegen, er heißt dann Heberdurchlaß (**broken-back culvert**). Ist das Wasser des Bachs immer hell und seine Geschwindigkeit klein, so kann man es im letzten Falle in den Kanal eintreten lassen. Die Verbindung des Baches oder Leitgrabens mit dem Kanale muß der Art seyn, daß man dieselbe nach Belieben abschließen oder wiederherstellen kann. Hierzu wird durch die Seiten des Kanals ein Einschnitt gemacht und mit hydraulischem Kalke ausgemauert. Eine Aufziehschütze in diesem Einschnitte regelt die Wassermenge, welche eingelassen wird. Das Wasser des Leitgrabens oder des Baches läßt man zuerst in ein weiteres Behälter, um dort allen Schlamm abzusetzen, ehe es in den Kanal tritt.

Wird die Kanallinie von einem reißenden Bache durchkreuzt, welcher eine große Menge Sand, Kiesel u. dergl. mit sich führt, so kann es nothwendig werden, einen Graben für diesen Bach über dem Kanal zu bauen; ist der Bach aber nur periodisch, so bringt man diesen Graben auf ein Boot, das in der Nähe in einer Ausbeugung des Kanals steht, bis es beim Drohen des Stroms in die richtige Lage gebracht und eingesenkt wird.

672. Ist die Kanallinie von einem größeren Bache oder Flusse durchschnitten, so muß die Verbindung zwischen beiden Ufern entweder durch einen Brückkanal oder eine Brückwasserleitung oder dadurch hergestellt werden, daß die Schiffe aus dem Kanal in den Fluß übertreten.

Die Anlage der Brückkanäle und Wasserleitungsbrücken ist bereits besprochen worden. Der Uebergang der Schiffe aus dem Kanale in den Fluß ist bei dem veränderlichen Wasserstande des letztern mit großen Unbequemlichkeiten verknüpft. In diesem Falle müssen an beiden Ufern Kammerschleußen angelegt werden, welche unter allen Umständen diesen Uebergang erlauben. Diese Schleußen müssen durch Dämme gehörig gegen den Angriff der Hochwasser des Flusses geschützt seyn; und ist im Sommer das Wasser so seicht, daß die Schiffe nicht mehr über den Fluß können, so muß man sich durch einen Damm quer durch den Fluß das nöthige Fahrwasser verschaffen.

673. Kanalbrücken. Straßen werden auf Brücken über den Kanal geführt. Man muß diesen die nothwendige Höhe zur Durchfahrt der Schiffe mit ihrer Belastung und den Menschen darin geben.

674. Auslässe. Um das überflüssige Wasser wegzubringen, legt man Ueberfälle und Grundablässe an. Sie sind am geeignetsten dort, wo das abfließende Wasser in ein natürliches Bett kommt. Die beste Anordnung ist ein Einschnitt in die Seitenwand des Kanals bis auf den Boden desselben,

welcher ausgemauert wird und Ruthen zur Aufnahme einer Balkenwand oder einer Aufziehschütze erhält. Ueber diese fließt das überflüssige Wasser; soll mehr Wasser abgelassen oder die Haltung ganz trocken gelegt werden, so zieht man die Schütze auf oder nimmt die Balkenwand heraus.

675. Hilfsdämme. Bei langen Haltungen gibt ein Deichbruch zu vielem Schaden für die Schifffahrt und zu einem großen Wasserverlust Anlaß. Um diesem wenigstens einigermaßen zu begegnen, zieht man bei langen Haltungen den Kanal an einigen Stellen bis auf die Breite der Schleußen zusammen, mauert die Seitenwände mit Nuthen auf, in welche man eine Balkenwand zum Abschluß des Wassers von der einen Seite bringen kann.

676. Ausgang des Kanals. Der Punkt, in welchem ein Kanal in einen Fluß mündet, muß mit Umsicht bestimmt werden. Im Allgemeinen findet man im Hauptstrom eine Sand- oder Kiesbank dort, wo die Nebenflüsse münden. Folgt also der Kanal einem solchen Nebenflusse, so muß er unterhalb jener Bank in den Fluß münden, um die Schifffahrt immer frei zu erhalten. Am Ende wird gewöhnlich ein größeres Bassin zur Bequemlichkeit des Handels angelegt; der Uebergang von diesem Behälter zu dem Flusse ist durch eine Schleuße mit doppelten Thoren vermittelt, welche so angelegt ist, daß ein Boot in jeder Richtung durch kann, ob der Wasserstand in der einen steigt oder fällt. Die Lage des Unterhauptes dieser Schleußen soll stromabwärts gehen, weil dann besser aus- und eingehen ist.

677. Die wichtigsten Dimensionen der Kanäle und ihrer Schleußen weichen nicht bedeutend von einander ab.

Kanäle in England. Zwei Klassen von Kanälen weichen wesentlich in ihren Dimensionen ab. Die folgenden sind die gewöhnlichsten Querdimensionen der größeren Art:

Breite des Querschnitts am Wasserspiegel . .	11 bis 12 Meter.
Breite am Boden	7,3 "
Tiefe	1,5 "
Länge der Schleußenkammern zwischen den Drempeln	23 bis 26 "
Breite der Kammer	4,6 "

Der **Caledonian-Kanal** in Schottland, welcher Loch-Eil an dem atlantischen Ocean mit Murray Firth an der Nordsee verbindet, ist durch seine Größe bemerkenswerth, welche Fregatten der zweiten Klasse den Durchgang gestattet. Die Hauptdimensionen der Querschnitte sind:

Breite des Kanals am Wasserspiegel	34 Meter.
Breite am Boden	15 "
Tiefe des Wassers	6 "
Breite der Berme	1,8 "
Länge der Schleußenkammer	55 "
Obere Breite der Kammer	12 "
Fall der Schleuße	2,4 "

Die Seitenmauern der Schleußen haben eine gekrümmte Außenseite und sind durchaus 1,8 Meter dick; sie sind durch Strebepfeiler, die etwa 4,6 Meter auseinander stehen und 1,2 Meter breit und dick sind, verstärkt. Der Boden der Kammer besteht aus einem umgekehrten Bogen.

Kanäle in Frankreich. In Frankreich hat man folgende Verhältnisse angenommen:

Breite des Kanals am Wasserspiegel	16 Meter.
Breite am Boden	10 bis 11 „
Tiefe des Wassers	1,5 „
Länge der Schleußenkammer	35 „
Breite der Kammer	5,2 „

Die Boote hierzu sind 32 bis 33 Meter lang, 5 Meter breit und gehen 1,2 Meter tief im Wasser.

Die englischen und die französischen Kanäle haben gewöhnlich nur einen Leinpfad, welcher 2,7 bis 3,7 Meter breit ist und ungefähr 0,6 Meter über dem Wasserspiegel liegt. Die Seite des Leinpfaddammes gegen die Wasserstraße ist gewöhnlich gepflastert, gemauert oder bedielt.

Kanäle in Amerika. Die Verhältnisse des New-York-Erie-Kanals und seiner Schleußen sind später allgemein befolgt werden. Diese Verhältnisse sind:

Weite des Kanals, oben	12,2 Meter.
„ „ „ unten	8,5 „
Tiefe des Wassers	1,2 „
Breite des Leinpfades	2,7 bis 3,7 „
Länge der Schleußenkammern	27,4 „
Breite derselben	4,6 „

Für die Verlängerung des Eriekanals sind folgende Dimensionen angenommen worden:

Obere Breite des Kanals	21 Meter.
Untere „ „ „	12,8 „
Tiefe des Wassers	2,1 „
Breite des Leinpfades	4,3 „
Länge der Schleußenkammern	33,5 „
Breite derselben, oben	5,73 „
„ „ unten	4,76 „
Fall der Schleußen	2,44 „

Zwischen den gekuppelten Schleußen ist ein Durchlaß angebracht, durch welchen man das überflüssige Wasser aus der oberen Haltung in die untere bringen kann.

Zwischen der Fallmauer der Schleuße und der Quermauer, welche die Erde an dem Vorderhaupte in der Höhe des Kanalbodens hält, ist eine Grube gelassen, welche den Sand und Schlamm des fließenden Wassers aufnimmt und so den Thoren freie Beweglichkeit läßt.

Bei dem Chesapeake- und Ohiokanal hat der Kanal unterhalb Harper's Ferry folgende Verhältnisse erhalten:

Obere Breite des Kanals	18,3 Meter.
Breite am Boden	12,8 „
Wassertiefe	1,8 „
Länge der Kammern	27 „
Breite derselben	4,6 „

Der James-Fluß-Kanal in Virginien hat:

obere Breite	15,2 Meter.
untere Breite	9,1 „
Wassertiefe	1,5 „
Länge der Kammern	30,4 „
Breite „ „	4,6 „

Der Rideau-Kanal, welcher den Ontario-See mit dem Ottawa-Fluß verbindet, ist für Dampfschifffahrt eingerichtet. Ein großer Theil dieser Linie besteht in seichten Wassern, welche durch den Kanal verbunden sind. Die Länge der Schleußenkammer dieses Kanals ist 40,8 Meter und ihre Weite 10 Meter.

Der Welland-Kanal zwischen dem Erie- und dem Ontario-See erhielt folgende Verhältnisse:

Weite des Kanals, oben	17,1 Meter.
„ „ „ unten	7,3 „
Wassertiefe	2,4 „
Länge der Kammern	33,6 „
Weite derselben	6,7 „

Der Kanal und die Schleußen zur Umgehung der gefährlichen Schnellen des St. Lorenz gehören zu den größten der Welt. Folgendes sind die Dimensionen des Kanals zwischen Long Sault und Cornwall:

Weite des Kanals, oben	40,2 Meter.
„ „ „ unten	30,5 „
Wassertiefe	2,4 „
Breite des Leinpfades	3,7 „
Länge der Schleußenkammern	61,0 „
Weite der Kammern, oben	17,2 „
„ „ „ unten	13,1 „

Eine Bank von 1,5 Meter Breite ist auf jeder Seite zwischen der Wasserstraße und dem Fuße des Dammes gelassen. Der Leinpfad liegt 1,8 Meter über dieser Berme. Vergrößert man die Wassertiefe auf 3 Meter, so kann die Wasserbreite oben auf 46 Meter vergrößert werden.

Flüsse.

678. Alle Flüsse zeigen ein ähnliches Verhalten, das durch den Charakter der Gegend, durch welche sie fließen, mehr oder weniger abgeändert wird. Sie nehmen ihren Ursprung im Hochlande und steigen von da nach und nach zu einem See oder Meere herunter, wobei ihr Bette durch die Natur des Bodens der Thäler, durch welche sie fließen, und ebenso ihre Geschwindigkeit mannichfach geändert wird. Nahe an den Quellen ist das Bett gewöhnlich felsig, unregelmäßig, eng und steil, und die Geschwindigkeit sehr groß. Weiter herunter wird das Flußbett weiter, regelmäßiger, das Gefäll kleiner und das Strömen langsamer und ruhiger. In dem oberen Laufe ist die Richtung mehr gerade und die Hindernisse sind meist von dau-

ernder Art, von den Unebenheiten des Bodens herrührend. In dem unteren Lauf wird das Flußbett mehr gekrümmt, durch die Thäler gewunden und kurze Bogen bildend; und hier findet man jene Hemmnisse der Flüsse von mehr veränderlicher Natur, welche man Kies- oder Sandbänke (bars) nennt, von den Ablagerungen im Flußbett herrührend, die der Fluß selbst von den Ufern losgerissen hat.

679. Die meisten Flüsse sind periodischen oder unregelmäßig wiederkehrenden Anschwellungen durch Schmelzen von Schnee oder starke und lang andauernde Regengüsse ausgesetzt. Diese Aenderungen der Wassermasse in dem Bette ziehen Aenderungen in der Geschwindigkeit und in der Form und Größe des Flußbettes nach sich. Die letztern hängen von der Natur des Bodens und von der Weite des Thales ab. In engen Thälern, wo die Ufer dem Angriffe des Stroms nicht leicht nachgeben, besteht die Wirkung der vergrößerten Geschwindigkeit allein in einer zeitweisen Vertiefung des Bettes. In weiten Thälern, wo der Boden der Ufer leichter von dem Strome angegriffen wird als die Sohle des Bettes, erweitert jede Vergrößerung der Geschwindigkeit des Wassers das Bett; und wenn das eine Ufer looser ist, als das andere, so zieht sich der Strom mehr auf die Seite des ersten, es entsteht ein Bogen und das Bett rückt nach und nach gegen die hohle Seite des Bogens fort.

680. Diese Bogenbildung verursacht dann wieder Veränderungen in der Tiefe und Geschwindigkeit des Wassers. Die größte Tiefe liegt an der concaven Seite. Bei den geraden Strecken, welche zwei Bogen verbinden, findet man die Tiefe ab- und die Geschwindigkeit zunehmen. Die Sohle wird auf diese Weise wellenförmig, mit seichten Stellen und tiefen Gumpen mit schneller und langsamer Strömung.

681. Ablagerungen bilden sich da, wo die Geschwindigkeit des Flusses plötzlich abnimmt. Der Schlamm, der Sand, Kies, den das Wasser mit sich führt oder über den Boden fortschiebt, legen sich an solchen Stellen ab, bis durch das Seichterwerden des Flusses die Geschwindigkeit so weit zugenommen hat, daß eine weitere Ablagerung nicht stattfindet. Ein Hochwasser nimmt oft die ganze gebildete Bank weg und führt sie an eine andere Stelle.

682. Die Punkte, an denen man gewöhnlich solche Ablagerungen findet, sind die Mündungen der Seitenflüsse, große Erweiterungen des Flußbettes und die geraden Strecken zwischen den Flußkrümmungen, endlich die Mündungen der Flüsse ins Meer. Die Natur dieser Ablagerungen hängt von der Art des Bodens und der Geschwindigkeit des Stroms statt. Im Allgemeinen sind die Bestandtheile derselben in den oberen Theilen der Flüsse größer als in den untern. Diese Anhäufungen an den Mündungen großer Flüsse bilden mit der Zeit ausgedehnte Untiefen, welche die Hochwasser an ihrem Ausflusse hemmen. Die Flüsse, deren Mündungen so verstopft sind, suchen sich dann einen Ausweg durch die am meisten nachgebenden Stellen. So entstehen die am Ausflusse mancher großer Ströme befindlichen Bildungen, welche man jetzt allgemein Delta's nennt.

683. Regelung der Flüsse. Es gibt keine Aufgabe für den Ingenieur, welche schwieriger zu lösen und unsicherer in ihrem Erfolge ist, als die

Regelung der Flüsse. Immer großen Aenderungen in ihrem Ursprung unterworfen, wenn in ihrem Quellenbezirk die Wälder gelichtet und cultivirt werden, sieht sie das eine Jahrhundert tief, mit gleichbleibender Strömung und nur langsam während der Zeit der Hochwasser anschwellend, während das nächste ihr Bett plötzlichen und großen Hochwassern ausgesetzt findet, welche nach ihrem stürmischen Verlaufe das Bett mit Kiesbänken und eingerissenen Krümmungen verlassen. Außer diesen Revolutionen, welche der Lauf der Jahre bringt, ruft jedes Hemmniß, das vorübergehend in den Strom kommt, jeder Versuch einen Punkt des Ufers künstlich zu schützen, unabweisbar eine entsprechende Aenderung des Flußbettes an einem andern Punkte hervor, das selten vorhergesehen und dessen Beseitigung wieder eine neue Quelle von Unannehmlichkeiten seyn kann. So wird eine Kiesbank, die man an einem Orte weggeschafft hat, sich nach und nach weiter unten im Flusse bilden; der Schutz des einen Ufers führt den Angriff des entgegengesetzten herbei; und so schlägt oft der am besten abgewogene Plan zur Regelung eines Flusses vollkommen fehl.

684. Bei dem Entwurfe einer Flußcorrection hat man hauptsächlich folgende Punkte im Auge zu behalten: 1) Schutz der Ufer; 2) Schutz der Umgegend gegen Ueberschwemmung; 3) Entfernung der Untiefen, Krümmungen und anderer natürlicher Hindernisse der Schifffahrt; 4) hinreichende Tiefe für Schiffe von einer Ladung, die dem Handel auf dem Flusse entspricht; endlich 5) Beschränkung der Geschwindigkeit, wo diese für die Schifffahrt zu groß ist.

685. Mittel zum Schutze der Ufer. Um die Ufer eines Flusses zu erhalten, muß man entweder die Geschwindigkeit am Ufer so vermindern, daß hierdurch der Boden nicht angegriffen werden kann, oder man gibt dem Ufer eine Bekleidung, welche der Wirkung des Stroms widersteht. Das erste kann bei niedern Ufern mit großer Böschung angewendet werden. Das einfachste Mittel hierzu ist die Anpflanzung solchen Buschwerks auf dem Abhange, das nahe am Wasser gerne wächst, namentlich Weiden; oder man legt Flechtzäune von frischen zum Auswachsen noch fähigen Weiden, welche man durch kurze, ebenfalls frische Pflöcke befestigt und mit Erde bedeckt. Diese Flechtzäune werden parallel mit dem Ufer gelegt und von andern von oben nach unten gezogenen überdeckt. Durch diese Anlagen wird die Kraft des Stromes gebrochen und seine Geschwindigkeit nahe am Ufer vermindert, wobei sich die feineren Schlammtheile zwischen den Weiden absetzen und so das Ufer mehr und mehr befestigen. Sind die Ufer hoch und werden dieselben unten durch das Wasser angegriffen, so kann man ihnen entweder eine größere Böschung geben, oder man gibt ihnen eine bis einfüßige Böschung und pflastert den Abhang, wobei man den Fuß mit schweren loosen Steinen belegt; oder man beschützt das Ufer durch abwechselnde Lagen von Reißig und Steinen, durch Faschinen.

686. Mittel gegen Ueberschwemmungen. Ueberschwemmungen erfolgen, wenn Hochwasser in dem Flußbette keinen Raum zum Abfließen finden und deßhalb über dieses Flußbett hinausschreiten. Man wird deßhalb das Flußbett oder die Geschwindigkeit des Wassers vergrößern müssen. Das

Flußbett kann vergrößert werden durch Vertiefung oder durch Aufführung von Dämmen, gewöhnlich Deichen (dikes) genannt. Eine Verbreiterung des Flußbettes würde nur zur Zeit der Hochwasser nützen, beim gewöhnlichen niedern Wasserstande aber eine zu kleine Geschwindigkeit des Wassers zulassen, was Versandungen und Erhöhung des Flußbettes nach sich ziehen und so eine spätere Ursache von Ueberschwemmungen abgeben würde; auch wird die Schifffahrt hierdurch ungemein gestört. Man muß also umgekehrt die Breite des Flusses dahin beschränken, daß auch beim niedern Wasser die Strömung schnell genug wird, um das Flußmaterial abzuführen. Ist nun dieses auch anfänglich nicht der Fall, so wird bei Hochwassern die Geschwindigkeit so groß werden, daß die Sohle des Flußbettes angegriffen wird, das Flußbett wird sich vertiefen und damit kann die Geschwindigkeit des Wassers so zunehmen, daß auch beim niedern Wasserstande keine Ablagerungen mehr vorkommen.

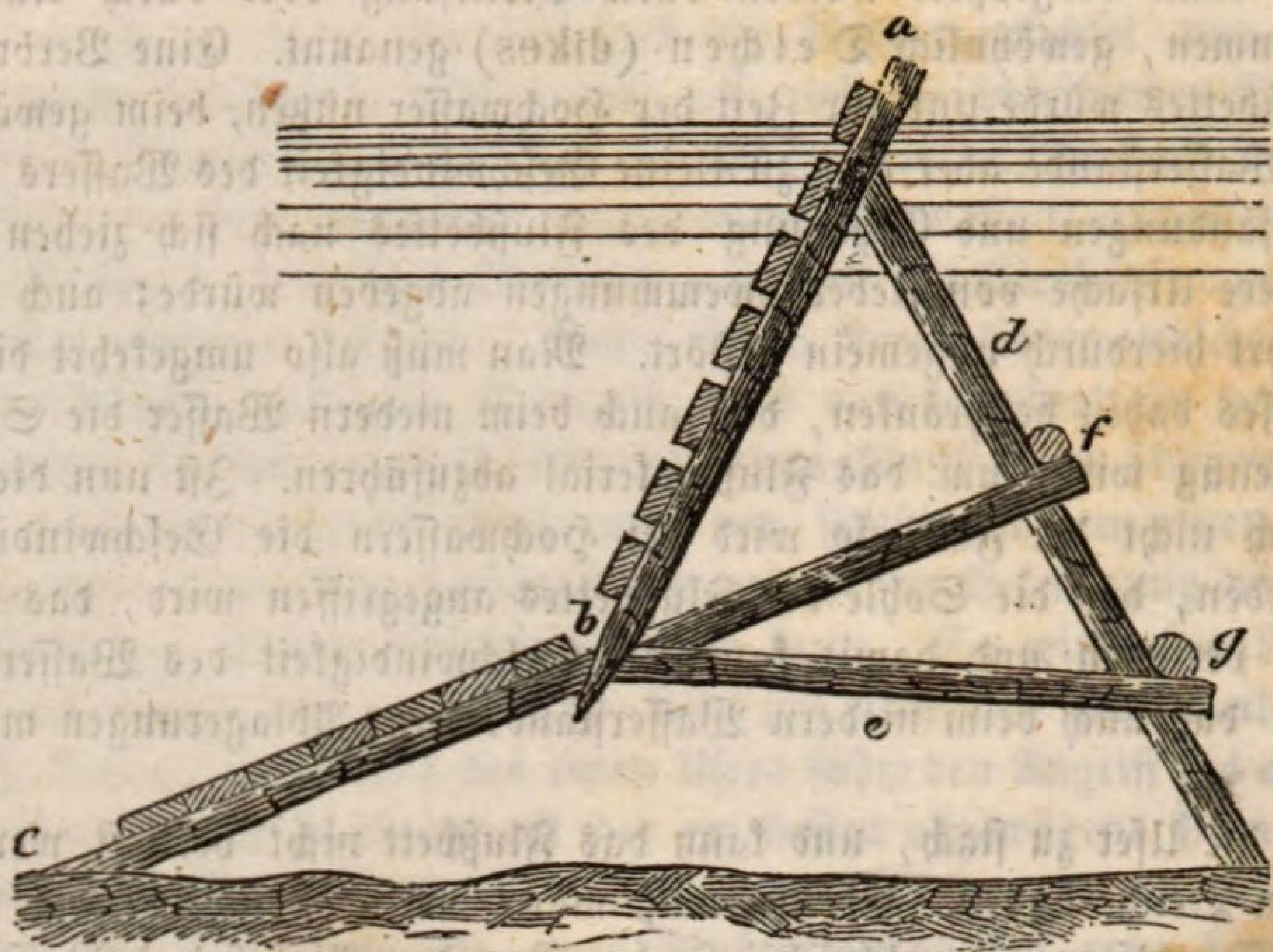
Sind die Ufer zu flach, und kann das Flußbett nicht vertieft werden, so muß man Deiche bauen. Ebenso muß man, wo dieß nothwendig ist, alle Hindernisse entfernen, welche bei Hochwassern den Abfluß des Wassers hemmen, wohin namentlich Mühlenwehre, in welche man hinreichend große Grundablässe bringen muß, und enge Eindämmungen, welche man erweitern muß, gehören.

687. Flußkrümmungen (elbows). Zu den Ursachen der Ueberschwemmungen, welche zugleich mit bedeutenden Beschädigungen des Ufers verbunden sind, gehören die schnellen Krümmungen eines Flusses. In ihnen sammelt sich beim Eisgange das Eis, verstopft den Ausgang und schwellt so den Fluß, bis er über seine Ufer tritt. Die concave Seite einer Flußkrümmung ist zugleich immer dem Angriff des schnellsten Stromes ausgesetzt, und das Ufer kann daher nur durch künstliche Mittel geschützt werden. Das Mittel, das man hierzu anwendet, besteht in der Erbauung von Dämmen, die man von dem concaven Ufer aus in den Fluß baut, und welche man Buhnen, Sporen (wing-dams) und anders nennt. Diese Buhnen werden entweder rechtwinklich auf die Stromrichtung oder schief gegen diese gebaut, um den Strom gegen die andere Seite des Stroms zu weisen.

Die Buhnen werden gewöhnlich aus schweren Steinen, aus Kästen von unbeschlagenem Holze mit Kies gefüllt und endlich aus Faschinen gebaut. Seit einigen Jahren hat man an dem Po Buhnen aus Reihen von verticalen Rahmen oder Rippen (Fig. 174), die fest verbunden und stromaufwärts mit dicken Bohlen bedeckt sind, welche dem Strome eine gebrochene geneigte Ebene darbieten, deren unterer Theil weniger steil als der obere ist, wie behauptet wird mit vollkommenem Erfolge zum Schutze eines Ufers angewendet. Diese Buhnen werden etwas oberhalb der zu schützenden Stelle erbaut; ihr Grundriß ist stromaufwärts schwach convex.

Buhnen von der gewöhnlichen Form und Construction werden jetzt nach den Erfahrungen einer langen Reihe von Jahren am Rheine und andern europäischen Flüssen von den französischen Ingenieuren, welche von ihrem Gebrauche strenge abmahnen, für wenig nützend, wenn nicht für schädlich erachtet. Die Wirkung des Stromes gegen die Seite der Buhne verursacht Wirbel

Fig. 174. *)



*) Fig. 174 zeigt den verticalen Schnitt einer hölzernen Schutzbuhne am Po, die aus Bohlen, welche auf geneigte Rippen genagelt sind, gebildet wird.
ab und bc die geneigten Seitenwände der Buhne; die erste ist 63, die zweite 23 Grad gegen den Horizont geneigt.
d und e Theile der Rippe.
f und g horizontale Verbindungen der Rippen.

und Gegenströme, welche die Buhne und das benachbarte Ufer untergraben; Untiefen und Sandbänke werden in dem Flußbette gebildet, indem sich das Flußmaterial nahe an der Buhne ablegt, wodurch die Stromrinne oft mehr gekrümmt wird, als dieß vorher der Fall war. Die beste Art, die man jetzt hat, um das Fortschreiten einer Flußkrümmung zu verhindern, besteht in einer Uferbekleidung von trocknen Steinen mit einem Steinwurfe von loosen Steinen längs des Fußes des Ufers, welchem man die natürliche Böschung läßt.

688. Die Krümmungen der Flüsse erreichen gemeiniglich zuletzt eine solche Ausdehnung, daß der Angriff auf die concave Seite keine weiteren Aenderungen mehr hervorbringt und das Flußbett seine Gestalt behält. Nach Beobachtungen am Rheine ergibt sich, daß Krümmungen von etwa 3000 Meter Halbmesser nicht mehr fortschreiten, und daß solche von 1500 Meter Halbmesser nur selten beschädigt werden, wenn die Ufer gehörig bekleidet sind. Bei Flüssen mit anderm Boden und andern Hochwassern werden diese Verhältnisse natürlich anders seyn.

689. Man hat Versuche gemacht, die Landzunge, welche die convexe Seite des Ufers bildet, zu durchschneiden und das Wasser in diesem neuen Kanal gerade fortzuleiten. Im Allgemeinen hat man gefunden, daß der Fluß sehr bald wieder zu einem dem früheren ähnlichen Bette zurückkehrte. (Dieß ist denn doch am Rheine, wo viele solcher Durchschnitte angelegt wurden, nicht beobachtet worden; man ist vielmehr mit dem Erfolge der meisten Durchschnitte vollkommen zufrieden.)

690. Ablagerungen. Um das Flußbett von Ablagerungen von Kies und Sand frei zu erhalten, werden diese entweder durch Baggermaschinen

herausgeschafft oder man gibt dem Flusse eine größere Geschwindigkeit, indem man die natürliche Breite des Flußbettes vermindert.

Dieß geschieht entweder durch Anlage von Buhnen, die dann Treibbuhnen heißen, oder durch Eindämmung des Wasserweges, wobei man die Dämme nur wenig über den gewöhnlichen Wasserspiegel erhöht, so daß bei Hochwassern dieses über die Dämme treten und das Land hinter denselben nach und nach erhöhen kann.

Ist der Fluß durch Inseln in mehrere Arme getheilt, so schließt man diese alle bis auf den Hauptarm durch Dämme ab, wodurch dieser sich dann vertieft und erweitert.

Die Deiche, welche den Hauptarm einschließen, sollen sich der natürlichen Richtung dieses Stroms so nahe wie möglich anschließen.

691. An Orten, wo große Wasserbehälter in der Nähe einer Sandbank vorkommen, kann man diese zur Entfernung der Ablagerung anwenden. Hierzu wird an dem Behälter ein Auslaß angebracht, welcher durch ein um eine verticale Achse drehbares Thor schnell geöffnet werden kann, eine Spülschleuße. Der Wasserstrom, den man auf diese Weise über die Bank leitet, führt diese mit. Dieses Mittel wird in Europa häufig zur Freierhaltung der Hafenmündungen angewendet, wenn durch die Fluth höher gelegene Behälter gefüllt werden können.

692. Bei den Mündungen der Flüsse in das Meer durch mehrere Arme muß man den Eintritt der Fluth durch alle Kanäle freilassen.

Ist der Hauptarm dem Versanden unterworfen, so bringt man in den Seitenarmen Dämme mit Thoren an, welche sich bei dem Eintreten der Fluth öffnen, beim Abfließen des Wassers aber sich schließen, wodurch alles Flußwasser genöthigt ist, seinen Rückweg durch den Hauptarm zu nehmen, welcher auf diese Weise täglich von Ablagerungen geleert wird. Dasselbe erreicht man mit Hilfe von Dämmen durch die Seitenarme, die so hoch sind, daß sie nur zu bestimmten Fluthzeiten vom Wasser überschritten werden. Bei der darauf folgenden Ebbe fließt dann alles Wasser hinter diesen Dämmen durch den Hauptarm.

693. Ist das Bett durch Felsen beengt, so muß man diese sprengen und die Bruchstücke herausschaffen.

694. Schifffahrt in seichtem Wasser. Wo die Tiefe des Wassers für die Wassertiefe der für den Verkehr passenden Schiffe nicht hinreicht, kann der Fluß dazu durch Bauten hergerichtet werden, indem man durch Dämme, Wehre, quer über den Fluß diesen in verschiedene Theile von hinreichender Tiefe theilt, und dann von einem dieser Theile zum andern durch Schleußen herabsteigt.

695. Die Lage der Wehre und die Zahl derselben hängt von der Localität ab. Bei Strömen mit starken Hochwassern muß man die weitesten Stellen zur Anlage der Wehre aufsuchen, um den größten Ueberfall zu erhalten. Die Wehre werden entweder geradlinig, senkrecht oder schief gegen den Strom gebaut, oder convex oder in einer gebrochenen Linie mit dem Winkel stromaufwärts sehend. Die drei letzten Formen bieten einen größern

Ueberfall für den Abfluß des Wassers dar, aber sie gefährden das Bett des Flusses unterhalb des Wehres.

696. Der Querschnitt eines Wehres ist gewöhnlich trapezförmig, die Seite stromaufwärts geneigt, die abwärtsgehende vertical oder geneigt. Ist die Seite stromabwärts vertical, so wird die Kraft des herabstürzenden Wassers zwar durch das Unterwasser gebrochen, allein es entstehen Wirbel, welche sehr zerstörend auf den Boden und das Wehr selbst wirken, weßhalb es besser ist, das Wasser auf einer schiefen Ebene hinabfließen zu lassen. Jedenfalls muß man die Sohle und die Seiten des Flußbettes unterhalb des Wehres auf eine Strecke gegen den Angriff des Wasserstoßes durch eine Bekleidung mit großen Steinen, Holz oder auf andere Weise schützen.

697. Die Wehre sollten die Höhe erhalten, welche gerade zur Erreichung der nothwendigen Tiefe für die Schifffahrt nothwendig ist, wobei man übrigens darauf sehen muß, daß durch die Stauung keine Ueberschwemmungen hervorgerufen werden, wozu man Schleußen in dem Wehre anbringt, die bei gefahrbringendem Hochwasser aufgezogen werden. Jedes Material, das man zur Hand hat und das hinreichende Dauer verspricht, kann zu ihrer Construction verwendet werden. Abwechselnde Lagen von Reißig und Kies, durch Würste und Pfähle zusammengehalten, Faschinen mit einer Bekleidung von Bohlen, Faschinen oder Steinen entsprechen in ruhigeren Flüssen sehr gut. Ist das Wehr großen Hochwassern, starken Eisgängen oder den Stößen von Treibholz ausgesetzt, so ist es besser, dasselbe ganz von Steinen zu erbauen oder von Balkenkästen mit Steinfüllung; oder wenn Steine nicht erhalten werden können, aus Balken allein. Soll das Wehr wasserdicht gemacht werden, so dient dazu Sand und Kies, die man in hinreichender Menge oberhalb von dem Wehre einwirft. Die Punkte, in welchen das Wehr die Ufer erreicht, heißen wie bei den Buhnen die Wurzeln (roots). Man muß bei ihnen besonders darauf achten, daß das Wasser sich keinen Ausweg um dieselben sucht. Hierzu baut man das Wehr auf eine Strecke in die Ufer hinein.

698. Das beste Mittel zur Verbindung der beiden Flußtheile ober- und unterhalb des Wehres ist für die Schifffahrt eine Kammerschleuße. Sie soll an dem einen Ende des Wehrs angebracht seyn, indem das Ufer für die Kammer ausgegraben wird, um sie vor dem Stoße schwimmender Körper zu bewahren. Die Seitenwände und ein Theil des Wehrs zunächst bei der Schleuße müssen so hoch heraufgeführt werden, daß sie bei dem höchsten Wasserstande nicht überfluthet werden. Ist die Höhe der Hochwasser sehr bedeutend, so müssen die Flügel der obern Thore in zwei Theilen gebaut werden, weil ein Flügel aus einem Stücke von solcher Größe zu schwerfällig wäre. Der untere Theil wird so hoch genommen, daß er für den gewöhnlichen Gebrauch dient; der obere wird nur beim Hochwasser gebraucht, und ist so construirt, daß sein Schwellrahmen gegen das Rahmstück des untern Thores schlägt. Eine ähnliche Anordnung kann man für die unteren Thore gebrauchen, wenn der Fall der Schleuße sehr groß ist, indem man den obern Theil des Eingangs bei den untern Thoren durch eine Mauer zwischen den Seitenmauern oder durch eine unbewegliche gezimmerte Wand schließt, unter welcher die Boote Raum zum Passiren haben.

699. Eine häufig gebrauchte, aber mangelhafte Weise, die Schiffe durch das Wehr gehen zu lassen, bieten die Stauschleußen (flashing). Eine solche besteht aus einem Schleußenthor in dem Wehr, welches geöffnet oder geschlossen wird, indem man dasselbe um eine verticale Achse dreht, wozu ein Mechanismus angebracht ist. Ein Weg hierzu ist, das Thor durch die Achse in zwei ungleiche Theile zu bringen, und in den größern eine Schützenöffnung zu bringen, welche dort eine kleinere Fläche dem Drucke des Wassers übrig läßt als auf der andern Seite. Dadurch wird das Spiel der Schütze sehr einfach. Ist die Schütze geschlossen, so schließt sich das Thor durch den Druck des Wassers; ist die Schütze aufgezogen, öffnet sich das Thor.

700. Kann man durch diese Mittel nicht dazu gelangen, eine Schifffahrt auf einem Flusse möglich zu machen, wie z. B. bei starken Gefällen, dann muß man zu einem Kanale seine Zuflucht nehmen, um die schiffbaren Theile ober- und unterhalb zu verbinden. Gewöhnlich liegt der Kanal parallel zu dem Bette des Flusses; zuweilen liegt er in dem Flußbette und ist von dem Flusse nur durch einen Damm geschieden. Immer muß man ihn vor Schaden durch Hochwasser zu bewahren suchen.

701. In der Regel ist an jedem Ende des Kanals eine Kammerschleuße nothwendig. Die Lage für diese muß so gewählt werden, daß die Schiffe zu jeder Zeit ein- und ausgelassen werden können. Sie müssen gegen die Wirkungen der Hochwasser gesichert seyn, und zugleich von Ablagerungen von Sand und Kies entleert werden können, sey dieß durch das Wasser selbst oder durch Maschinerie.

Bietet der Strom nicht die hinreichende Tiefe dar, um zu allen Zeiten aus ihm in den Kanal eintreten zu können, so muß man durch ein Wehr nahe am Eingange des Kanals diese zu erhalten suchen.

Es kann in einigen Fällen zweckmäßig seyn, statt die Kammerschleußen an die Enden des Kanals zu stellen, zwischen diesen in den Schleußen geräumige Bassins anzubringen, in welchen die Schiffe ruhig liegen können. Die Mündungen aus diesen Bassins in den Fluß sind entweder immer offen oder sie können gegen die Hochwasser durch Thore geschlossen werden.

Bauten an der Meeresküste.

702. Man kann hier folgende Unterabtheilungen machen: 1) Künstliche Ankerplätze, Rheden; 2) natürliche und künstliche Häfen; 3) Schutz der Meeresküste gegen den Angriff des Wassers.

703. Ehe man einen bestimmten Plan für irgend einen Bau an der Meeresküste annimmt, muß die Wirkung der Ebbe und Fluth, der Strömungen und der Wellen an diesem Punkte bestimmt werden.

704. Die Theorie der Ebbe und Fluth ist bekannt; ihre Entstehung und Dauer sind verursacht durch die Anziehung der Sonne und des Mondes und ihre Größe abgeändert durch die Stärke und Richtung der Winde und die Bildung des Ufers. An unsern (amerikanischen) Küsten sind die Fluthhöhen sehr verschieden zwischen den südlicheren und nördlicheren Gegenden. Bei Eastport sind die höchsten Fluthen, wenn sie nicht vom Winde getrieben werden, zwischen 7,6 und 9 Meter über dem gewöhnlichen Niederwasser hoch. Bei Boston steigen sie bis zu 3,4 bis 3,6 Meter unter gleichen Umständen, und von New-York bis nach Florida steigen sie selten über 1,5 Meter.

705. Aus den abwechselnden Ebben und Fluthen entstehen Strömungen, welche in manchen Fällen noch durch Winde verstärkt werden. Von dem Hauptstrome welcher längs der Küste fortgeht, gehen Nebenströme in die Buchten in einer mehr oder weniger geraden Linie, bis sie das Ufer erreichen, von wo sie abgelenkt und häufig in mehrere andere zertheilt werden, von welchen der Hauptstrom der Richtung des Ufers folgt und nicht unselten ein anderer in entgegengesetzter Richtung einen Gegenstrom bildet. Wo zwei Ströme zusammentreffen, entstehen Wirbel. Die Strömungen führen das Ufer weg, gegen das sie direkt einfallen, legen dieses Material an anderen Orten ab und bilden oder entfernen auf diese Weise Hindernisse für die Schifffahrt. Diese immerwährenden Aenderungen, welche die Strömungen hervorrufen, lassen die Folgen irgend eines Baus, durch welchen die Richtung oder die Geschwindigkeit einer solchen Strömung abgeändert wird, nur schwer und nur sehr selten richtig voraussagen.

706. Die Wellen *) werden durch die Wirkung der Winde auf die Oberfläche des Meeres hervorgerufen. Dabei bewegt sich ein Wassertheilchen in einer durch die Umstände hervorgerufenen krummen Linie, die in sich selbst zurückkehrt, wenn nicht zugleich eine fortschreitende Strömung des Wassers

---

*) Ich weiche hier ganz von dem Originale ab. D. Bearb.

vorhanden ist. Diese Bewegung geht in sehr große Tiefen hinab, wobei sie übrigens mit der größeren Tiefe abnimmt, auch in der Form der durchlaufenen Linie sich immer mehr der Richtung des Bodens anschließt.

Das Fortschreiten der Wellen an der Oberfläche rührt davon her, daß die nebeneinander liegenden Wassertheilchen nahe dieselbe Bewegung nacheinander annehmen, und so die Erhebung die jetzt an einem Orte stattfindet, an einem andern erst später eintritt, was den Anschein hat, als habe sich der Wellenberg von einem Orte zum andern fortbewegt.

In einem Kanale mit horizontalem Boden tritt nach den Untersuchungen von den Brüdern Weber, den umsichtigsten und sorgfältigsten, welche wir über die Wellen haben, die Bewegung in einer verticalen Linie nahezu gleichzeitig in allen Punkten von der Wasseroberfläche bis zur größten Tiefe ein, sobald nur die Wellenbewegung regelmäßig eingetreten ist. Die lebendige Kraft, welche hierbei dem Wasser in einer verticalen Linie mitgetheilt wurde, theilt sich im nächsten Augenblicke dem nächst anliegenden Wasser mit; und wird das Wasser weniger tief, so wird also die Bewegung dieses Wassers eine stärkere werden müssen, oder kommen die Wellen aus tieferem Wasser in seichteres, so werden die Wellen höher, die Bewegung des Wassers eine größere, was bis zu dem Ueberstürzen der Wellen über Sandbänken und an steilen Ufern führen kann, und die Brandungen an diesen erklärt. Für Uferbauten folgt hieraus, daß man ein Ufer dadurch gegen den Angriff der Wellen zu schützen suchen muß, daß man die Tiefe des Wassers allmählig abnehmen läßt. Hierbei wird zwar immer die lebendige Kraft der Welle auf die nächstfolgende verticale Wasserschichte übertragen, und also diese um so stärker bewegt als das Wasser weniger tief ist, allein die hemmenden Ursachen, die Adhäsion des Wassers am Boden und an der Luft werden von dieser lebendigen Kraft immer mehr, und um so mehr nehmen, je seichter das Wasser bereits ist, und es wird mit hinreichend ausgedehnter Böschung, wo diese zulässig ist, ein gefährlicher Anschlag der Wellen an das Ufer immer umgangen werden können.

707. Rheden (roadsteads). So nennt man Küstenplätze, an denen Schiffe ruhig vor Anker liegen können bei jeder Witterung. Ist die Strecke durch Landzungen gegen die Wirkung der Wellen und Winde gedeckt, so heißt die Rhede eine geschlossene, im andern Falle eine offene.

Das Vorankergehen auf offenen Rheden ist wegen der Stürme und der durch sie hervorgerufenen hohen Wellen oft unsicher. Hiergegen sucht man die Wellen nahe am Eingange zu der Rhede zu brechen. Die Bauten hierzu nennt man Wellenbrecher (breakwaters), auch wohl Molo; sie sind künstliche Inseln von mehr oder weniger Ausdehnung und verschiedener Form, welche man durch Einwerfen großer Steinblöcke in die See bildet.

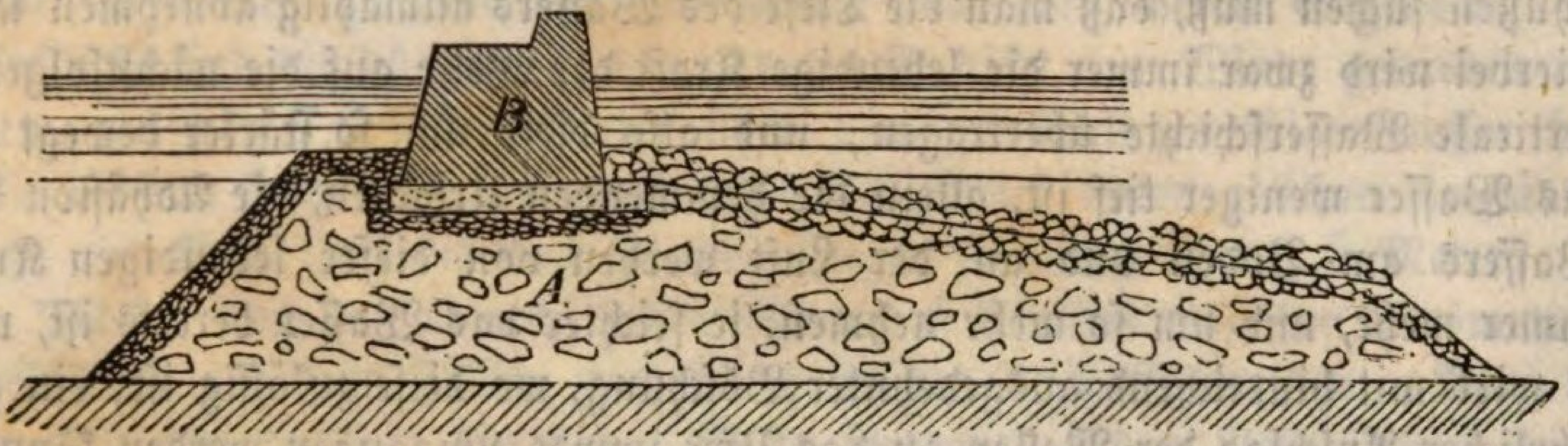
Das erste große Werk dieser Art, das in neuerer Zeit unternommen wurde, war das bei Cherbourg in Frankreich zur Deckung der Rhede dieser Stadt. Nach einigen Versuchen welche man angestellt hatte, die Kraft der Wellen durch große conisch geformte Holzkästen, die mit Steinen gefüllt waren, zu brechen, und welche ganz fehlschlugen, indem diese Dämme nach einigen Stürmen ganz zerstört waren, beschloß man einen Steinwurf zu machen, und den Wellen die Bildung der äußeren Form desselben zu überlassen. Die Erfah-

rung von vielen Jahren, während derer dieser Bau den schwersten Stürmen ausgesetzt war, lehrte, daß die Einwirkung des Meeres auf die Außenseite desselben in einer Tiefe von ungefähr 6 Meter unter dem Wasserstande der tiefsten Ebbe nicht sehr merklich ist, indem Steine, welche diesen Theil des Wellenbrechers bilden und die durchschnittlich nicht über 20 Kilogramm wiegen, nicht aus ihrer Stelle gerückt wurden. Die Böschung welche die Masse von selbst angenommen hatte, war etwas größer als einfüßig. Von dieser Stelle aufwärts und besonders zwischen den Ständen des Hoch- und Niederwassers war die Wirkung der Wellen wahrhaft schrecklich, indem bei heftigen Winden Steine von einem Gewichte von mehreren tausend Kilogrammen losgearbeitet und über die Firste des Wellenbrechers fortgeführt wurden. Wo immer diese Oberfläche ausgesetzt war, wurden die Steine weggeführt und die Böschung wurde von Jahr zu Jahr flacher, bis die Oberfläche endlich schwach concav wurde, wobei die Böschung an einigen Stellen 10 Basis auf 1 Höhe erreicht.

Die Erfahrungen an diesem Bau haben gezeigt, daß selbst die schwersten Blöcke den Hafendamm nicht schützen, wenn sie loose eingeworfen sind, und daß das einzige Mittel ist, stark ausgesetzte Flächen aus schweren gehauenen Steinen in hydraulischem Mörtel herzustellen.

Der Molo bei Cherbourg soll zugleich die Rhede gegen den Angriff einer feindlichen Flotte schützen helfen, weßhalb er den Querschnitt (Fig. 175)

Fig. 175.*)



*) Fig. 175 ist ein Verticalschnitt durch den Wogenbrecher zu Cherbourg.
A Steinwurf.
B gemauerte Batterie.

erhalten hat. Geleitet durch eine mehrjährige Erfahrung wurde beschlossen, die Batterie aus solidem Mauerwerk auf einem dicken und breiten Betonbette zu erbauen. Die Oberfläche des Wogenbrechers ist mit schweren loosen Steinen bedeckt und der Fuß der Mauer ist auf der Außenseite durch große künstliche Steinblöcke von Beton geschützt. Die Batterie steht ungefähr 3,6 Meter über dem höchsten Wasser.

Das zunächst erbaute Werk dieser Art dient zum Schutze der Rhede von Plymouth. Dasselbe erhielt zuerst eine anderthalbfüßige innere Böschung und äußerlich eine dreifüßige; nach dem Schaden den das Werk bei den heftigen Stürmen der Jahre 1816 und 1817 nahm, muß man schließen, daß diese Böschung zu steil war.

Ein ähnlicher Bau wird vor der Mündung des Delaware aufgeführt. Man gibt ihm denselben Querschnitt wie bei Cherbourg.

Alle diese Bauten sind in derselben Weise ausgeführt worden; indem man die Steine auf Schiffen an die Baustelle führte und sie dort versenkte, wobei

man sie frei ihr Lager suchen ließ. Nur an der Außenseite wurden die Steine soweit dieß möglich war sorgfältig gelegt, um den Wellen eine glatte Fläche darzubieten. Das Innere des Steinwurfes wurde aus den kleineren Steinen, die Außenseiten von den schwereren Blöcken hergestellt. Es scheint übrigens, daß es besser wäre alles aus sehr schweren Steinen zu bauen, da bis jetzt die schwersten Steine der Außenseite durch die Wellen noch zuweilen bewegt wurden, wo dann die inneren großen Steine noch Schutz gewähren würden.

Der Grundriß solcher Bauten muß der Localität entsprechen. Die Lage muß mit Rücksicht auf die Richtung der stärksten Brandung, der Strömung und der Wogen gewählt werden. Die durch den Wogenbrecher geschützte Stelle der Rhede soll hinreichende Wassertiefe haben und die Ankerung der schwersten Schiffe während der heftigsten Stürme sichern; die Schiffe müssen bei allen Winden und Zeiten die Rhede verlassen können. Ueberdieß muß man bei der Wahl des Ortes darauf Acht haben, daß keine Hemmnisse in der Rhede oder an den Einfahrten durch die Aenderung der Strömung entstehen.

708. Hafen (harbour). Der Name Hafen wird einem mehr beschränkten Ankerplatze gegeben, welcher einen sichern Zufluchtsort bei ungestümem Wetter darbietet. Ein Hafen ist entweder ein natürlicher oder ein künstlicher.

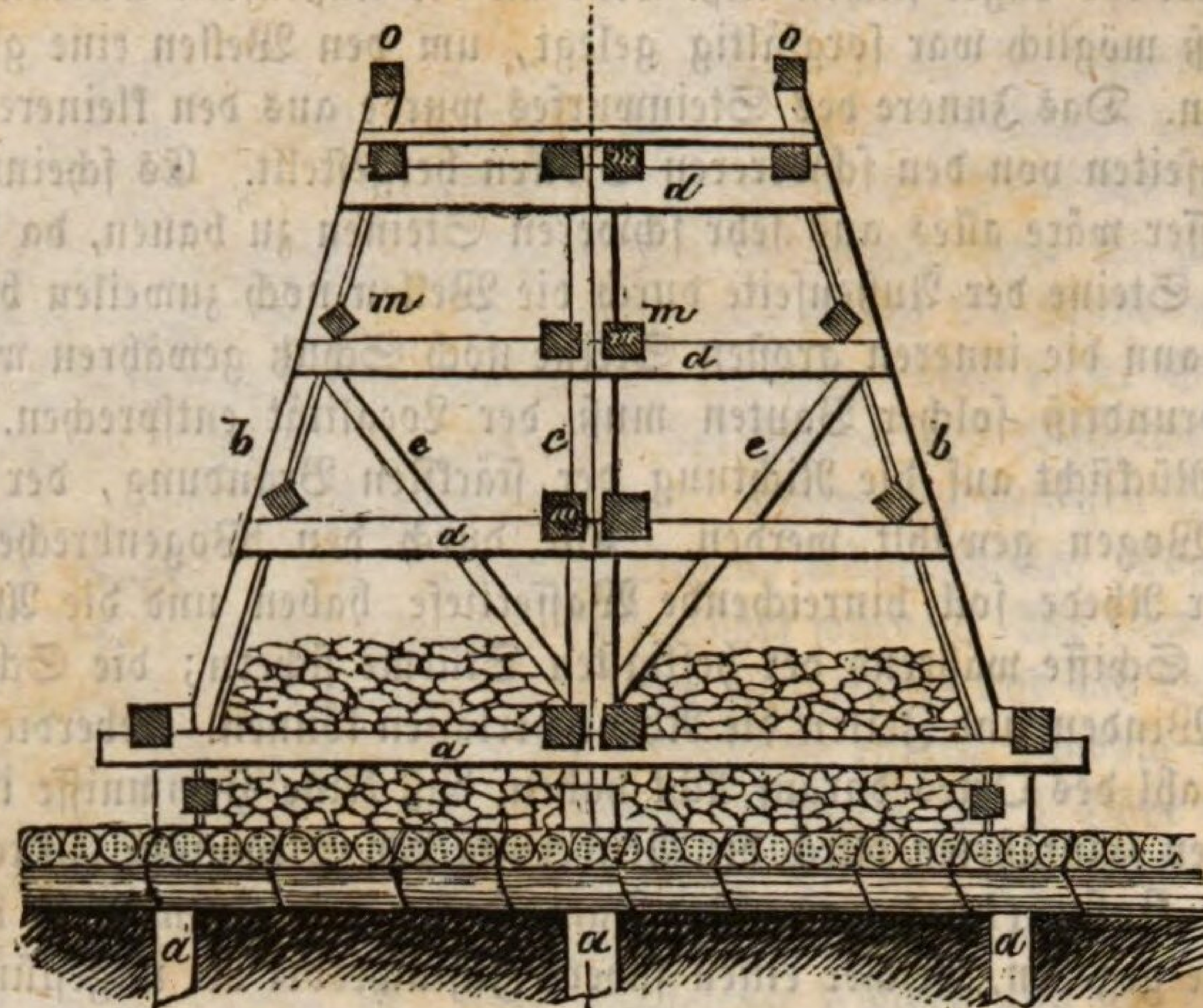
709. Ein künstlicher Hafen wird gewöhnlich durch Einschließung einer Küstenstrecke zwischen zwei Dämmen von Stein oder Holz, Hafendämme (jetties), gebildet, welche vom Ufer in das Meer in solcher Richtung laufen, daß der Hafen gegen Wind und Wellen geschützt ist.

710. Jeder Hafendamm ist im Grundrisse gekrümmt; der Raum zwischen beiden hängt von der Zahl der Schiffe ab, welche zugleich in dem Hafen Platz finden sollen. Die Entfernung der Köpfe, der Enden der Dämme, welche die Mündung des Hafens bildet, hängt ebenso von örtlichen Umständen ab; sie ist selten unter 100 Metern und nur selten mehr als 500. An jeder Küste gibt es Winde, welche mehr als andere dem Ein- und Auslaufen der Schiffe und der Ruhe des Wassers nachtheilig sind. Deßhalb soll einer der Dämme länger seyn als der andere, und dabei so gestellt seyn, daß er die stärksten Wogen von der Seeseite her bricht und das Hintreiben des Schiffes beim Aus- und Einlaufen gegen den andern Damm durch die Winde verhindert.

711. In dem Querschnitte und der Construction unterscheidet sich ein steinerner Hafendamm nicht von einem Wogenbrecher; nur ist der Damm gewöhnlich am obern Ende breiter, 10 Meter kommen vor, da er als Anlegeplatz für ausladende Schiffe dient. Der Kopf der Hafenmauer ist gewöhnlich kreisförmig und beträchtlich breiter als die andern Theile, da er zuweilen einen Leuchtthurm und eine Strandbatterie aufnehmen muß. Er muß mit besonderer Sorgfalt von großen Steinblöcken, die gut durch eiserne Klammern zusammengehalten werden, ausgeführt werden, wobei man überdieß die äußersten Lagen durch schwere Schutzbalken vor dem Stoße schwimmender Körper bewahrt.

712. Hölzerne Hafendämme werden aus offenem Zimmerwerke aus schweren Balken gebaut, dessen innere Seiten mit dicken Bohlen bekleidet sind. Jede Rippe (Fig. 176) besteht aus zwei geneigten Pfosten, welche die Seiten bilden; einem Mittelpfosten und horizontalen Querriegeln, die paarweise die drei vorhergenannten einschließen; die geneigten Pfosten sind durch Streben

Fig. 176.*)



*) Fig. 176. Querschnitt eines hölzernen Hafendammes.
a Grundpfähle.
b geneigte Pfosten.
c Mittelpfosten.
d Querriegel, paarweise vorhanden.
e Streben.
m Gurthölzer, paarweise vorhanden.
o Brustwehr.

verstärkt. Diese Rippen werden durch Gurthölzer zusammengehalten, welche horizontal liegen und mit den Pfosten und Querriegeln verkämmt und durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die Gründung geschieht gewöhnlich auf drei Reihen Pfählen unter den Pfosten, welche einen Rost tragen, welcher selbst wieder durch Bolzen und Verzapfungen mit dem Zimmerwerke verbunden ist. Die innere Bekleidung mit Bohlen erstreckt sich nicht immer auf die ganze Länge der Seite, sondern es sind Durchgänge für die Wellen gelassen, welche zwischen den Hafendämmen eingeschlossen sind, um das Wasser im Kanale ruhig zu erhalten. Sind die Hafendämme rückwärts mit Erde bekleidet, so erhalten diese Durchgänge schiefe Ebenen.

Die Gründung der Hafendämme erfordert besondere Sorgfalt, besonders wenn der Kanal zwischen denselben sehr enge ist. Loose Steine rings um die Pfähle angehäuft, sind gewöhnlich im Gebrauche; und wenn es nothwendig ist, füllt man den Boden des ganzen Kanals mit Faschinen und Kies aus.

Oben sind diese Hafendämme mit einem Boden von dicken Bohlen versehen, welcher als Kai gebraucht wird. Die Seiten der Dämme haben verschiedene Neigungen erhalten; 3 bis 4 Höhe auf 1 Grundlinie ist das gewöhnliche.

713. Zuweilen baut man Dämme um einen Kanal zu einem natürlichen Hafen zu bilden, welcher entweder sehr exponirt ist oder Ablagerungen bei seiner Mündung bildet. Verengt man den Durchgang zum Hafen, so erhält die Strömung der Fluth große Geschwindigkeit, und dadurch kann die Mündung frei erhalten werden. Allein in der Regel bildet sich an dem Kopfe der

Hafendämme eine Anhäufung, welche von der Strömung längs des Ufers, die durch den Damm unterbrochen ist und von der Langsamkeit der Strömung während der Ebbe herrührt. Um diese Anhäufungen zu entfernen, muß man an Orten wo sie beim Niederwasser nahe trocken gelegt werden, zu Haltungen und Spülschleußen seine Zuflucht nehmen, wie dieß bei dem Flußbaue angegeben wurde. Die Haltung wird in dem Ufer ausgegraben, an einem Orte, von welchem das Wasser mit seiner vollen Kraft auf die Bank gelassen werden kann. Die Haltung wird durch die Fluth gefüllt und die Schleußenthore bis zum tiefsten Wasserstande geschlossen gehalten, wo man sie alle zugleich öffnet, um die Wassermasse auf einmal über die Bank strömen zu lassen.

714. In Hafen, in denen die Schiffe nicht gut mit der Langseite an die Kais anlegen können, werden große Bassins, Naßdocks (**wet-docks**) genannt, angelegt, in welchen das Wasser in constanter Höhe erhalten wird. Ein solches Dock wird entweder in das Ufer eingegraben oder man schließt einen Theil des Hafens mit wasserdichten Mauern ab; das erste ist das gewöhnliche. Der Eingang zu diesem Bassin ist entweder eine einfache Schleuße oder eine Kammerschleuße. Bei der ersten Methode können die Schiffe nur zur Zeit der Fluth einlaufen; bei der zweiten zu jeder Zeit. Der Auslaß aus der Kammerschleuße muß durch Fluththore geschützt seyn, welche bei sehr hohen Fluthen oder heftigen Stürmen geschlossen werden.

715. Diese Kammerschleußen unterscheiden sich im Principe nicht von den bei Kanälen gebrauchten; nur sind die Dimensionen größer, weßhalb auch größere Sorge auf den Bau verwendet werden muß. Die Thore werden hier convex gebildet, um größeren Widerstand zu leisten. Sie sind anders aufgehängt und werden anders bewegt als die kleineren Thore der Kanalschleußen; die Wendesäule ist auf die gewöhnliche Weise befestigt, aber der Fuß der Anschlagsäule ruht auf einer Rolle, für welche auf dem Boden des Schleußenhauptes ein eiserner Rollweg angebracht ist, wodurch der Druck des obern Zapfens der Wendesäule bedeutend vermindert ist. An den Anschlagsäulen sind Ketten nahe im Mittelpunkt des Drucks befestigt, welche auf Winden aufgerollt und mittels deren die Thore geöffnet werden können.

716. Die Kais der Docks sind gewöhnlich gemauert. Backsteine und natürliche Steine hat man gebraucht; die Außenseite wird von gehauenen Steinen hergestellt. An den Seiten bringt man große Schutzbalken an, um die Schiffe von der Mauer abzuhalten. Der Querschnitt dieser Mauern wird wie bei allen andern Stützmauern festgestellt. Hinter der Mauer kann man Strebepfeiler anbringen.

717. In Amerika werden die Schiffsländen gewöhnlich von starken runden oder quadratischen Pfählen gebildet, welche man dicht nebeneinander eintreibt, durch horizontale Gurten verbindet und mit Erde hinterfüllt; oder man legt die Balken horizontal und hält sie durch Bolzen zusammen. Binder in das Land hinein wirken dem Erddrucke entgegen. Eine andere Art der Construction ist in den östlichen Seehäfen im Gebrauche; sie ist stark und dauerhaft. Es wird eine Art Kasten aus großen Granitblöcken aufgeführt und mit Erde und Steinen ausgefüllt. Die Bodenschichten dieses Kastens kommen auf den Meerboden zu liegen, wenn dieser fest und horizontal ist; im andern Fall

wird ein starker Rost, **Wiege** (cradle) genannt, erbaut und mit den Steinen versenkt. Der Boden dieser Wiege hat die Neigung des Bodens, die obere Fläche ist horizontal.

717. Deiche (dikes). Um niederes Land an der Küste vor Ueberschwemmungen zu sichern, baut man längs dem Strande Erddämme, **Deiche** genannt, welche auf der Seeseite so bekleidet werden, daß sie dem Angriffe der Strömung widerstehen.

Die holländischen Deiche, durch welche ein großer Landstrich d m Meere entrissen und gegen dasselbe geschützt wurde, sind das bemerken.wertheste Bauwerk dieser Art. Ihr Querschnitt ist ein Trapez, die obere Breite von 1,2 bis 1,8 Meter, die innere Böschung ist die natürliche der Erde, die äußere wechselt nach den Umständen von drei- bis zu 12füßiger. Der Deich sollte zu vollkommener Sicherheit ungefähr 1,8 Meter über den Wasserста. bei den höchsten Springfluthen hinausreichen; an manchen Stellen beträgt dieß aber nur 0,6 bis 1 Meter.

Die Erde zu diesem Deich ist aus einem Graben genommen, zwischen welchem und dem Fuße des Deiches ein etwa 6 Meter breiter Raum geblieben ist, der als Straße dient. Die äußere Fläche ist auf mancherlei Weise bekleidet, je nach dem Materiale, das man zur Hand hatte und der Art der Strömung und der Wellen an diesem Punkte. In manchen Fällen ist eine starke Strohdecke mit Spickpfählen auf die Fläche befestigt; an andern Orten ist eine Faschinenlage mit darüber gelegten Würsten und Spickpfählen an die Böschung befestigt, wobei die Zwischenräume zwischen den Würsten mit Bruchsteinen ausgefüllt sind. Dieses bildet eine sehr dauerhafte Bekleidung, welche nicht nur der Wirkung der Strömungen, sondern auch dem Stoße der größten Wellen durch ihre Elasticität widersteht.

Der Fuß der äußeren Böschung muß besonders geschützt werden. Hierzu sind an einigen Orten Schutzbuhnen aus Faschinen angelegt.

An einigen Theilen der Küsten Frankreichs, wo man Deiche anzulegen nothwendig fand, hat man das Profil seewärts so gestaltet, wie man das natürliche Ufer unter dem Einflusse der Wellen geworden fand. Im Uebrigen sind die Deiche wie man sie schon lange in Holland gebaut.

718. Buhnen. Solche baut man auch an der Seeküste, wo man den Stoß des Stroms vom Ufer ablenken und Ablagerungen bilden will. Sie springen nur wenig über die Oberfläche des Strandes und stehen entweder rechtwinklich oder schief gegen das Ufer. Sie werden entweder von Letten gebaut, welcher fest aufgestoßen und an der Oberfläche mit Faschinen oder Steinen bekleidet wird, oder aus einer oder zwei Reihen Pfähle, die man dicht nebeneinander in die Erde treibt oder aus Faschinen in anderer Weise. Ihr Zweck ist die Strömung zu unterbrechen, eine Ablagerung in ihrer Nähe zu veranlassen und so das Ufer über das Meer zu erheben.

719. Seemauern (sea-walls). Bricht das Meer in das Land ein und bildet steile Uferabbrüche, deren Seiten nachfallen, so schützt allein dauernd eine tüchtige Mauer, deren Außenseite aus den dauerhaftesten schweren Steinen angefertigt wird. Die Rückseite kann Beton oder Bruchsteinmauer seyn. Das Ganze wird mit hydraulischem Mörtel aufgeführt.